WHITNEY LIBRARY,

HARVARD UNIVERSITY.



THE GIFT OF

J. D. WHITNEY,

Sturgis Hooper Professor

IN THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY

Plate VIII. wanting

ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics.

TROISIÈME SÉRIE.

TOME XX

PARIS.
CARILIAN-GOEURY ET V^VE DALMONT,
LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,
Quai des Augustins, nos 39 et 41.

1841.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Sous-Secrétaire d'État au ministère des travaux publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'École des mines, du chef de la division des mines, d'un ingénieur secrétaire, et d'un ingénieur secrétaire-adjoint.

M. Ebelmen est chargé spécialement de la traduction des mémoires étrangers.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le sous-secrétaire d'état au ministère des travaux publics*, *à M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines,* à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 60 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
IMPRIMEURS DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE,
rue Racine, n° 28, près de l'Odéon.

NOTICE

Sur la construction des fours à coke à une porte, dits fours français, et de ceux à deux portes qui se défournent instantanément au moyen d'un cabestan.

Par M. P.-A. DROUOT, Ingénieur des mines.

De nombreux renseignements ont déjà été publiés sur la carbonisation de la houille et la construction des fours à coke, savoir :

1° *Annales des Mines*, 1re série, t. 13, p. 505 : Notice sur la carbonisation de la houille à Saint-Étienne, par M. Delaplanche.

2° *Annales des Mines*, 2e série, t. 5, p. 263 : Mémoire sur la fabrication du coke en Angleterre, par MM. Coste et Perdonnet.

3° *Idem.* 3e série, t. 10. p. 3 : Notice sur la carbonisation de la houille à Saint-Étienne et à Rive-de-Gier, par M. Gervoy.

4° *Idem.* 3e série, t. 10, p. 58 : Notice sur la fabrication du coke avec de la houille maigre, par M. Nailly.

5° Voyage métallurgique en Angleterre et en France, par MM. Dufresnoy, Élie de Beaumont, Coste et Perdonnet; 2e édition, t. 1er, p. 247. Paris, 1839.

6° Recueil de dessins et documents concernant les constructions métallurgiques, publié à Paris, par MM. Walter et Leblanc, de 1835 à 1839.

Quoique les documents renfermés dans ces diverses publications soient à peu près complets, j'ai

pensé que les personnes qui ont à s'occuper, pour la première fois, de ce genre de constructions, ne liraient pas sans intérêt quelques détails concernant les fours de deux sortes, que j'ai fait exécuter à Maubeuge, pendant l'année 183[illegible], de concert avec M. l'ingénieur des mines Boudousquié (1).

Fondations des fours à coke (Pl. I et II).

La maçonnerie des fours à coke ne présente qu'une faible hauteur verticale au-dessus du sol. Son poids est donc peu considérable, et, pour le supporter, il ne faut pas une base très-résistante.

On peut établir les fondations des fours à coke sur des remblais de terre exécutés depuis plusieurs années, surtout si ces remblais ont été tassés par le passage des voitures, et s'ils ont été souvent mouillés par les pluies (2).

---

(1) Ces fours sont destinés à l'alimentation d'un haut-fourneau qui, depuis le mois de janvier 1840, donne de bonne fonte grise pour deuxième fusion.

(2) A Decazeville les seuls fours à coke actuellement employés sont les fours à une porte dits fours français. Un grand nombre de ces fours sont construits sur des remblais exécutés depuis plusieurs années et composés de terres et de pierres provenant des exploitations de houille faites à découvert dans le voisinage. Les fondations de ces fours ne pénètrent que d'environ $0^m,30$ dans ces remblais. En dessous de la sole on laisse un vide cylindrique dont le diamètre est de $0^m,20$ plus court que celui de la sole intérieure du four. On remplit ce vide avec des débris de pierres et de la terre fortement tassés. La maçonnerie de $0^m,36$ d'épaisseur qui constitue la sole du four repose sur ces matières fortement tassées et aussi sur les piédroits des fondations, par un rebord de $0^m,10$ de largeur (*fig.* 25, 26 et 27, Pl. 1re).

On pourrait construire, immédiatement, sur des remblais de laitiers de hauts-fourneaux ou sur des remblais de gravier, si on avait la précaution d'opérer ces remblais avec des tombereaux traînés par des chevaux, en cassant d'ailleurs, sur les remblais mêmes, les plus gros morceaux de laitiers avec des marteaux semblables à ceux employés pour casser les pierres sur les routes, de manière à laisser le moins de vide que possible dans ces remblais. En mélangeant au laitier des matières pulvérulentes ou des terres délayées dans de l'eau, de la vase provenant du lavage des minerais de fer d'alluvion, par exemple, on aurait une base solide.

A Maubeuge, où l'on a dû construire, immédiatement, dans une localité exposée aux inondations de la Sambre, et où les premiers remblais ne pouvaient être faits qu'avec des terres argileuses, il a fallu fouiller le sol de la prairie, atteindre le terrain solide pour y établir les fondations qui dans cette localité ont un poids important (*fig.* 2 3 et 4, *Pl. I*, et *fig.* 4, 5, 6 et 7, *Pl. II*).

Ces fondations consistent en piles isolées, par le pied, mais réunies, à leur partie supérieure, par des voûtes sur plein-cintre formant une plate-forme ou sorte de viaduc semblable à ceux usités pour l'établissement des chemins de fer. C'est sur cette plate-forme allongée qu'on a établi les fours à coke. On n'a remblayé avec des terres que l'étendue strictement nécessaire pour le service des fours et les dépôts de houille qui devaient être mis hors d'atteinte des inondations (1). Le reste du terrain

(1) Lorsqu'on veut déterminer le niveau des eaux dans les crues extraordinaires, et fixer ainsi la hauteur des

sera remblayé ultérieurement, sans frais, avec les laitiers du haut-fourneau.

La maçonnerie des fondations, jusqu'au niveau du sol naturel de la prairie, est faite en moellons bruts de calcaire bleu de transition, ou en grès calcaire de la même formation. Les piédroits des voûtes de fondation sont en briques ordinaires de médiocre qualité. Les voûtes sont en briques choisies parmi celles qui sont destinées aux maçonneries ordinaires. Elles ont une épaisseur égale à la longueur d'une brique, 0,24 environ (1). Les reins des voûtes sont remplis en maçonnerie de moellons bruts et de briques de médiocre qualité.

Sous les fours à une porte (*fig.* 1, 2, 3, 4 et 5, *Pl.* *I*re), les voûtes ont leurs axes horizontaux.

Pour établir ces voûtes, on se sert de cintres dont la surface courbe est formée par des latteaux en bois blanc semblables à ceux qui sont employés pour les couvertures en tuiles. Leur équarrissage est de $0^m,03$ sur $0^m,025$. Ces latteaux sont cloués

---

remblais à exécuter pour mettre le sol d'une usine à l'abri, si on ne trouve pas dans la localité même des traces de ces inondations ou d'anciens habitants qui puissent donner des documents précis, on choisit, en amont et en aval de la localité où l'on veut établir l'usine, des points habités, des moulins par exemple, et, après avoir reconnu la hauteur qu'atteignent les eaux en chacun de ces points, on arrive facilement, au moyen d'un nivellement, à connaître la hauteur que ces eaux doivent atteindre dans la localité où l'on veut établir l'usine. Pour le calcul, il faut tenir compte de la pente de la rivière à la surface lors des crues, pente qui est indiquée par la différence entre les niveaux des eaux aux points extrêmes choisis pour repères.

(1) Dans le département du Nord, où la houille est très-répandue, et la terre qui constitue le sol presque partout propre à la confection des briques, on construit

sur des demi-cercles composés de planches de rebut de $0^{m},05$ d'épaisseur environ, avec des traverses de $0^{m},10$ d'équarrissage. La *fig.* 3, *Pl. I* représente un cintre en place et soutenu par des montants appuyés contre les piédroits.

En remplissant les reins des voûtes on établit de petits conduits *h* (*fig.* 1, 2 et 3, *Pl. I*; *fig.* 1, 4 et 6, *Pl. II*) à section carrée de $0^{m},06$ de côté et dans lesquels on place immédiatement des bandes de fer d'ancrage représentées *fig.* 9, *Pl. IV*. Ces petits conduits sont parallèles aux soles des fours et aux axes des voûtes de fondation; ils sont éloignées de $0^{m},40$, au moins, du vide intérieur du four, c'est-à-dire du feu.

Des fours à une porte dits fours français (*Pl. I*).

Les fours à coke à une porte établis à Maubeuge, ont, comme ceux de Saint-Etienne et de Rive-de-Gier, décrits par M. Gervoy, des conduits pour l'introduction de l'air, ce qui régularise et hâte la carbonisation. En comparant ces fours à d'autres

---

beaucoup avec cette sorte de matériaux. Ces briques sont cuites en plein air, en grandes masses appelées briqueteries et contenant quelquefois plus de 500,000 briques.

La longueur d'une brique est de $0^{m},23$ à 0,24, la largeur moitié moindre, et l'épaisseur moitié plus petite que la largeur. Les épaisseurs des murailles sont en rapport simple, sinon entier, avec la longueur de la brique qui est prise pour unité de dénomination. La maçonnerie est faite par assises dont l'épaisseur est celle d'une brique. Chaque assise a ses briques disposées de la même manière; mais une assise dont les briques dites panneresses présentent leur longueur à la surface du mur, est recouverte par une assise dont les briques dites boutisses présentent leur largeur, de sorte que les joints verticaux des diverses assises ne se correspondent pas.

qui n'ont aucun moyen d'aérage, on est porté à croire que les conduites d'air augmentent, d'un tiers, environ, le produit journalier en coke des fours auxquels on les adapte.

Dimensions principales.

La sole de ces fours est élevée de $0^m,70$ au-dessus du sol remblayé de l'usine. Sa forme est elliptique. Le grand axe qui aboutit à la porte est de $2^m,96$ sans compter l'espace de $0^m,24$ de longueur, qui se trouve, près de la porte, recouvert par une voûte cylindrique. Le petit axe de la sole du four est de $2^m,60$ (1). Il est avantageux de donner à cette sole une pente de $0^m,05$ environ vers la porte, pour faciliter le défournement du coke, mais, néanmoins, quoique cette précaution n'ait pas été prise à Maubeuge, on n'a éprouvé aucune difficulté pour le service des fours (*fig.* 1, 2 et 3. *Pl. I*).

L'ouverture de la porte a $0^m,65$ de largeur, $0^m,40$ de hauteur sur les côtés, et $0^m,50$ au milieu. Elle est garnie d'un châssis en fonte représenté *fig.* 6.

Les piédroits qui supportent la voûte du four ont $0^m,40$ de hauteur (2).

---

(1) Dans plusieurs localités on fait la sole des fours avec un diamètre de 2 mètres seulement. Je ne pense pas que ces petits fours soient moins avantageux que les grands. Ils se refroidissent moins pendant le défournement, parce que cette opération dure moins longtemps. Avec les grands fours il arrive fréquemment que les ouvriers interrompent le travail pour se reposer et laissent la porte ouverte pendant ce temps. Les détails de construction sont d'ailleurs les mêmes pour les petits que pour les grands fours.

(2) Une différence de quelques centimètres dans les dimensions horizontales ou verticales des fours à coke est sans importance. On se règle sur les dimensions des briques usitées dans la localité. La hauteur des ouvreaux, celle des conduites d'air et des piédroits des fours doivent com-

La voûte se compose de deux parties : l'une elliptique surbaissée *bb* (*fig.* 2 et 3) recouvrant la sole proprement dite, c'est la partie principale ; l'autre cylindrique *c* (*fig.* 2) appuyée à la fois contre la précédente et contre le châssis en fonte qui garnit la porte.

Les conduits *d* (*fig.* 1, 3 et 4) par lesquels entre l'air destiné à faciliter la carbonisation par la combustion des gaz dans l'intérieur du four, ces conduits, dis-je, ont, intérieurement, $0^m,06$ dans le sens horizontal, et $0^m,12$ dans le sens vertical.

Les ouvreaux *a* (*fig.* 1, 2 et 3) par lesquels l'air pénètre dans le four, ont $0^m,025$ de largeur et $0^m,24$ de hauteur, afin qu'ils ne puissent pas être obstrués complétement par la houille lors du chargement.

La section intérieure de la cheminée est un carré de $0^m,28$ de côté. Dans la partie saillante, les parois ont 0,24 (une brique) d'épaisseur.

La maçonnerie intérieure du four et toute celle de la cheminée sont faites avec du mortier réfractaire (1) sur une épaisseur de $0^m,24$, à l'exception de la sole qui, étant moins exposée à l'action de la

Nature des matériaux.

prendre un nombre entier d'assises de briques posées à plat.

(1) Les argiles réfractaires se délayent difficilement dans l'eau lorsqu'elles sont un peu humides. Pour fabriquer du mortier bien homogène, il faut sécher la terre dans un four à coke ou un four de boulanger, mais sans la chauffer trop fortement, car alors elle ne se délayerait plus. La terre séchée est réduite en poudre très-grossière, sur une plaque de fonte, au moyen d'une dame en bois garnie de clous. Cette poudre grossière ou plutôt ces petits fragments sont passés dans un tamis de toile métallique en fer dont les mailles ont $0^m,006$ de côté. Un enfant imprime un mou-

chaleur, peut n'être faite ainsi que sur une épaisseur de $0^m,12$ environ (la largeur d'une brique, ou, en terme de maçon de la localité, une demi-brique, l'unité de mesure étant la longueur d'une brique).

A Maubeuge on avait, comme essai, construit tout l'intérieur de quelques fours en briques ordinaires de la localité, mais les voûtes de ces fours se sont promptement détériorées. Il ne faut jamais construire en briques ordinaires que la sole et la partie des piédroits cachée par la houille, c'est-à-

---

vement de va-et-vient à ce tamis placé au-dessus d'une caisse qui reçoit la terre pulvérisée.

La terre ainsi préparée se délaye facilement dans l'eau, soit à l'aide d'un bâton, soit à l'aide des pieds.

Le ciment, c'est-à-dire la poudre de briques ou terre réfractaire cuite, qui doit-être mêlée à la terre crue pour en atténuer le retrait, le ciment, dis-je, est pulvérisé par un procédé semblable, mais passé dans un tamis de toile métallique présentant 3 à 4 fils par centimètre courant.

Le mortier réfractaire composé de terre crue et de ciment prend d'autant moins de retrait par la calcination, que le ciment est plus abondant, mais un excès de ciment rend le mortier rude et ne permet pas de faire glisser les briques l'une sur l'autre, ce qui est indispensable pour la bonne exécution de la maçonnerie.

On fait souvent le mortier avec une partie de terre sèche et deux parties de ciment, en volume.

Les fours à coke ne supportant pas une température très-élevée, on a pu, dans le département du Nord, remplacer avantageusement le mortier préparé ainsi qu'il vient d'être dit, par un mortier de sable argileux, jaunâtre, à grains fins, exempt de calcaire, et que l'on trouve abondamment dans le terrain tertiaire constituant la majeure partie du sol. Ce sable se délaye dans l'eau, sans aucune opération préalable et avec une extrême facilité. A Mau-

dire la moitié ou le tiers de la hauteur de ces piédroits. Les ouvreaux par lesquels l'air pénètre dans le four doivent être faits entièrement en briques réfractaires. Tel est le mode de construction actuellement suivi à Decazeville. Je crois néanmoins qu'il serait encore plus avantageux de construire tout l'intérieur des fours en briques réfractaires (1) qui sont mieux confectionnés et résistent plus longtemps que les briques ordinaires. On pourrait, d'un autre côté, diminuer un peu le cube de la maçonnerie réfractaire, et par conséquent la dépense

---

beuge un mètre cube de ce mortier coûtait 4 fr. 38 c., savoir :

Un mètre cube de sable argileux. . . .	2,00
Main-d'œuvre.	2,38
Prix du mètre cube de mortier de sable argileux.	4,38

Le prix du mètre cube de mortier réfractaire, composé de ciment réfractaire et de terre réfractaire de médiocre qualité, eût été de 14 fr. 88 c. sans compter la valeur des morceaux de briques réfractaires employées à la fabrication du ciment. Savoir : 0m,33 de terre réfractaire sèche et pulvérisée à 20 fr. le mètre cube. Frais de pulvérisation de 0,66 mètre cube de ciment à 8 fr. l'un. Frais de confection d'un mètre cube de mortier, 3 fr.

(1) En Belgique on fabrique de bonnes briques réfractaires avec un mélange de deux parties de ciment réfractaire passé dans un tamis de toile métallique dont les mailles carrées ont environ quatre millimètres de côté, et une partie, en volume, de terre sèche pulvérisée et tamisée. On humecte le mélange, et, après l'avoir fait passer dans un moulin analogue à ceux employés pour moudre le café, on le tasse dans les moules à briques en le frappant avec un maillet de bois, pour augmenter la densité. Malgré cette précaution les briques de 0m,10 sur 0m,20 et 0m,30, et à plus forte raison celles d'un plus grand volume, présentent des vides dans leur intérieur.

en employant des briques qui auraient $0^m,21$ de longueur seulement.

Toutes les briques qui composent l'intérieur d'un four à coke doivent être choisies de telle sorte qu'elles supportent bien les variations de température, car, malgré les précautions prises à cet égard, ces fours se détériorent beaucoup lorsque, par une cause quelconque, on les laisse refroidir en suspendant pour plusieurs jours la carbonisation de la houille. Sous ce dernier rapport, les briques réfractaires ont encore la supériorité sur les briques ordinaires, aussi faut-il une grande différence de prix pour motiver l'emploi de quelques-unes de ces dernières dans l'intérieur des fours.

Voici le mode d'exécution suivi à Maubeuge pour les fours à une porte.

Exécution de la maçonnerie. Après avoir arasé le massif des fondations à $0^m,46$ au-dessus du sol remblayé de l'usine, on pose, sur toute la partie que doit recouvrir la sole, deux lits de briques à plat. Ces briques peuvent être de qualité ordinaire, elles sont maçonnées avec du mortier de chaux et de sable (*fig.* 2 et 3, *Pl. I*[re]).

Sur la maçonnerie ainsi préparée on établit la sole composée, sinon de briques réfractaires, au moins de briques ordinaires de très-bonne qualité et bien choisies. Ces briques sont placées de champ avec du mortier réfractaire de sable argileux. Cette sorte de pavé s'étend jusque sous les piédroits. On place la longueur de la brique dans le sens du grand axe qui aboutit à la porte et on laisse inachevée une petite partie de la sole voisine de cette porte.

On arase de nouveau la maçonnerie et on trace les piédroits ainsi que les conduits et les ouvreaux pour l'introduction de l'air (*fig.* 1, *Pl. I*[re]).

Le châssis de fonte représenté en élévation (*fig.* 6) est placé tel qu'il doit être pour garnir l'ouverture de la porte, ainsi qu'on le voit (*fig.* 4). Ce châssis est maintenu avec des bois jusqu'à ce qu'il soit entouré de maçonnerie.

Les piédroits sont faits en briques ordinaires de très-bonne qualité jusqu'à $0^m,20$, au-dessus de la sole. La partie supérieure est en briques réfractaires au moins pour tout ce qui touche le feu. La portion angulaire, à surface inclinée, établie seulement pour appuyer la naissance de la voûte, peut avoir ses deux assises supérieures en briques ordinaires. Le tout est maçonné avec du mortier réfractaire.

Les diverses assises de briques composant les piédroits sont toutes horizontales. Pour obtenir la surface annulaire inclinée vers le centre de la sole et contre laquelle s'appuie la naissance de la voûte (*fig.* 2 et 3), on taille les briques avec un marteau de maçon ou mieux avec une petite hachette à deux tranchants aciérés, du poids de 1 kilog. (environ).

Les piédroits ont $0^m,24$ d'épaisseur (une brique). Les massifs qui séparent les conduites d'air de deux fours contigus ou adossés ont une épaisseur de $0^m,12$ au moins (une demi-brique). Dans les localités où les fondations ne sont pas profondes, on donne à ces massifs environ $0^m,24$ d'épaisseur. C'est ce qu'on fait à Decazeville. En augmentant ainsi l'épaisseur de ce massif, on permet de réparer plus facilement un four sans éteindre ceux qui sont contigus.

A Maubeuge on a fait, en briques ordinaires, avec mortier de chaux et de sable, les massifs

qui entourent les piédroits jusqu'à la hauteur de la naissance extérieure de la voûte, mais, dans les localités où la maçonnerie de briques ordinaires serait à un prix plus élevé que la maçonnerie de moellons bruts, on pourrait ne faire en briques que les canaux d'aérage sur une épaisseur de $0^m,12$ seulement. Tout le remplissage serait fait en moellons.

Lorsqu'on doit employer des moellons calcaires dans la construction des fours à coke, peut-être serait-il convenable de ne pas les approcher à moins de $0^m,48$ du feu, c'est-à-dire du vide intérieur du four. Je n'ai pas fait d'expérience positive à ce sujet. Dans le midi de la France, où l'on emploie des moellons de grès et autres matériaux non carbonatés, on ne fait la maçonnerie en briques que sur une épaisseur de $0^m,20$ à $0^m,24$ à partir de l'intérieur du four.

Après avoir établi les piédroits, on construit la petite voûte cylindrique *c* (*fig.* 2 et 4) au moyen d'un cintre formé d'une planche horizontale de $0^m,65$ de longueur recouverte de terre sablonneuse à laquelle on donne la forme de la voûte surbaissée à exécuter. Cette planche est soutenue par deux montants, en bois, verticaux et appuyés contre les piédroits.

Pour la construction de la voûte elliptique qui recouvre la sole, il serait bon d'employer des briques réfractaires moulées en forme de voussoir, sur le plus grand rayon de cette voûte, mais, néanmoins, on peut se servir de briques rectangulaires de $0^m,20$ à $0^m,24$ de longueur, en ayant soin de les placer toutes normalement à la surface de la voûte, même celles de la naissance.

Pour exécuter cette grande voûte, on dispose

entre les piédroits, des planches horizontales *tt* (*fig.* 2) soutenues par des montants verticaux *uu*, et au-dessus desquelles on établit d'autres planches inclinées *ss*.

Sur les planches inclinées *ss* on met de la terre sablonneuse ou graveleuse que l'on tasse avec soin et que l'on arrange de telle sorte que la surface extérieure présente, à peu près, la forme de la voûte. Sur cette terre le maçon met une couche de 0m,04 d'épaisseur, environ, d'un sable un peu argileux et humide. Avec sa truelle il lisse la surface de ce sable et lui donne exactement la forme de la voûte à exécuter. On peut prendre pour directrices dans ce tracé deux arcs de cercle, l'un de 2m,125 de rayon représentant la section de la voûte par un plan vertical passant par le petit axe de la sole, l'autre de 1m,755 de rayon et représentant la section de la voûte par un plan vertical passant par le grand axe de la sole.

C'est sur le cintre ainsi établi que l'on construit la voûte.

Lorsque cette voûte est terminée, on fait tomber les montants verticaux qui soutenaient les planches et qui sont disposés convenablement à cet effet. Tout le cintre s'affaisse alors et l'on retire successivement les bois et la terre par la porte du four.

De la cheminée.

De toutes les parties du four, c'est la naissance de la cheminée qui est exposée à la plus haute température. C'est, en effet, en ce point que se porte toute la flamme résultant du mélange des gaz dégagés de la houille et de l'air introduit dans le four par les ouvreaux et les joints des portes. Cette partie de la cheminée doit être construite avec beaucoup de soin. On peut la former

d'une seule brique creuse représentée en plan et en coupe verticale (*fig.* 30 et 31, *Pl. II*) en ayant soin que cette brique présente, extérieurement, la forme d'un voussoir qui constitue la clef même de la voûte.

On peut aussi former cette partie de la cheminée d'un certain nombre de grandes briques de 0,50 de longueur et taillées chacune en forme de voussoir (*fig.* 32 et 33, *Pl. II*). Cette partie de la cheminée est, alors, évasée aussi bien intérieurement qu'extérieurement. La forme cylindrique ne présenterait aucune résistance à la pression verticale. Ce mode de construction est usité à Decazeville (*fig.* 25 et 26, *Pl. I*).

On peut également former la partie inférieure de la cheminée avec quatre des grandes briques plates qui, par suite de quelques petits défauts, restent sans emploi dans la construction de la chemise intérieure des hauts-fourneaux. Ces quatre briques sont inclinées par rapport à l'axe de la cheminée de sorte que leur ensemble forme voussoir sans qu'on ait à diminuer l'épaisseur à la partie inférieure. On peut établir les joints sur une épaisseur de 0^{m},08 seulement, pour ne pas avoir des angles trop aigus, les briques ayant ordinairement 0^{m},10 d'épaisseur. Ce mode de construction a été employé avec succès à l'usine de Maubeuge (*fig.* 34 et 35, *Pl. II*).

Lorsque la hauteur verticale des briques employées à la confection de la partie inférieure de la cheminée est moindre que l'épaisseur totale de la maçonnerie en ce point, voûte et remplissage compris (*fig.* 2 et 3, *Pl. I*), on établit, par-dessus, une ou plusieurs assises de briques réfractaires semblables à celles qui sont employées pour la

confection de la voûte. La partie saillante de la cheminée peut seule être construite en briques ordinaires comme supportant une température moins élevée, puisqu'elle est constamment refroidie par le contact de l'air.

On donne souvent à cette partie saillante de la cheminée $0^m,50$ de hauteur et $0^m,24$ d'épaisseur. Avec ce peu d'élévation les cheminées se déforment rarement, quoique leurs parois intérieures soient chauffées au rouge; mais, néanmoins, on les ancre quelquefois avec des bandes de fer plat et de fer carré (*fig.* 2, 3, 4, 5, 11 et 12, *Pl. I*). Ce mode d'ancrage devient indispensable, lorsque, par une cause quelconque, on donne un peu de hauteur aux cheminées. Si on devait s'élever très-haut, on suivrait le mode de construction usité pour les cheminées des fours de puddlage, et il serait convenable de construire au moins la partie inférieure en briques réfractaires.

Remplissage des reins de voûte elliptique.

En remplissant les reins de la voûte elliptique qui recouvre la sole du four, on ménage de petits conduits *h* à section carrée de $0^m,06$ de côté (*fig.* 1, 2 et 3, *Pl. I*) dans lesquels on place les bandes de fer d'ancrage terminées par des vis, et qui, conjointement avec celles qui sont placées en dessous de la sole, maintiennent, au moyen d'écrous, les plaques de fonte *mm* (*fig.* 4), et, par conséquent, les portes et leurs châssis de fonte. Ces barres d'ancrage supérieures doivent, comme les barres inférieures, être éloignées du feu ou du vide intérieur du four de $0^m,40$ au moins.

Après avoir rempli les reins des voûtes, on aplanit la surface supérieure de la maçonnerie, et on forme au-dessus de la porte du four un petit fronton, de telle sorte que les eaux pluviales retombent en avant du four et loin des portes.

L'épaisseur totale de la maçonnerie au-dessus du vide intérieur du four doit être de $0^m,50$ au moins pour atténuer les mauvais effets des pluies et de la neige. Lorsque les fours ne sont pas adossés comme ceux de Maubeuge, mais simplement accolés, on dispose la partie supérieure de manière à verser moitié des eaux sur l'avant et moitié sur l'arrière, en plaçant la ligne de faîte du massif au milieu où se trouvent alors les cheminées. On diminue ainsi le cube de la maçonnerie de remplissage qui recouvre la voûte.

Dans tous les cas, après avoir égalisé la maçonnerie supérieure, on la recouvre d'une chape ou enduit de bon mortier bien lissé, pour faciliter l'écoulement des eaux et s'opposer à leur infiltration.

Garnitures de fonte et de fer.

Ainsi que je l'ai dit précédemment, l'ouverture de la porte du four est garnie d'un châssis de fonte. Ce châssis présente une section de $0^m,07$ dans le sens vertical et de $0^m,06$ dans le sens horizontal (*fig.* 4 et 6, *Pl. I*). Ces dimensions ne sont pas trop fortes (1). On a quelquefois pratiqué dans le contour de ce châssis une rainure dans laquelle la porte venait se placer, mais cette rainure se remplissait de cendres, au moins à la partie inférieure, et, l'ouvrier ne se donnant pas la peine de la nettoyer, la porte fermait mal. Le mieux est de fermer la porte des fours à coke par simple juxtaposition contre le châssis, et, dans le cas où elle joindrait mal, on la luterait avec de la terre. Cette précaution est d'ailleurs indispensable dans les deux systèmes de fermeture.

---

(1) On augmenterait la durée de ce châssis en lui donnant une section de $0^m,08$ sur $0^m,07$ qui serait certainement suffisante.

La porte peut être à deux battants, mais mieux à un seul battant formé d'une ou deux plaques de fonte de $0^m,02$ d'épaisseur (*fig.* 4, 7 et 8, *Pl. I*). Ces plaques doivent être sans nervures, autrement elles se voileraient ou courberaient promptement par suite de l'inégalité de dilatation à l'intérieur et à l'extérieur résultant de l'excès d'épaisseur des portes en ces nervures.

Pendant la carbonisation les portes rougissent fortement ainsi que leurs garnitures et une partie du châssis. Pour les soutenir il faut donner aux gonds une grande section, environ six centimètres carrés. Ces gonds peuvent être fixés par des écrous placés à l'intérieur du four; de cette manière on les remplace facilement lorsqu'ils sont détériorés, mais de forts rivets durent plus longtemps que des vis. Les bandes de fer qui forment les traverses ont $0^m,06$ de largeur et $0^m,015$ d'épaisseur ainsi que la clinche. Ces bandes et la clinche sont fixées sur le battant à l'aide de forts rivets. La pièce de fer qui supporte la clinche présente également une section de six centimètres carrés.

Un battant de porte composé de deux plaques de fonte assemblées par les traverses en fer, se courbe moins facilement que celui qui est composé d'une seule plaque. Lorsqu'il est voilé on peut d'ailleurs le redresser, en partie, en redressant les traverses de fer : il est, en outre, plus facile à mouler.

Pour tenir le châssis en fonte serré dans la maçonnerie on place deux plaques *m* également en fonte (*fig.* 4 et 10, *Pl. I*). Ces plaques de $0^m,02$ d'épaisseur présentent, dans leur milieu, une nervure faisant saillie de $0^m,03$ et augmentant la roideur sans augmenter beaucoup le poids.

Les plaques qui maintiennent le châssis d'un four sont reliées à celles du four adossé au moyen de quatre barres de fer d'ancrage de $0^m,011$ sur $0^m,04$ d'équarrissage et terminées par des vis serrées par des écrous. Ces barres étant placées dans des conduits à section carrée de $0^m,06$ de côté, on peut les renouveler facilement sans rien démolir (1).

En avant de chaque four, immédiatement au-dessous de la porte et en contact avec la maçonnerie on établit, sur le sol, une plaque de fonte G (*fig.* 2 et 3, *Pl. I*) de $1^m,20$ de longueur, $1^m,10$ de largeur et $0^m,02$ d'épaisseur, sur laquelle on verse la houille, qui doit être jetée dans le four avec une pelle.

Disposition générale et emplacement des fours. Sur l'emplacement de l'usine de Maubeuge il n'existait aucune élévation contre laquelle on pût adosser les fours pour opérer le chargement par la cheminée (2) c'est pourquoi on les a disposés pour être chargés et défournés par la même porte; mais afin d'épargner la maçonnerie, on les a accolés en deux groupes, et on a adossé deux à deux les fours à une porte (*fig.* 23, *Pl. I*).

La façade des fours est éloignée de 40 mètres

---

(1) A Maubeuge quelques-unes de ces barres ont cassé; mais comme elles étaient un peu trop rapprochées du feu, la rupture est peut-être due à la position plutôt qu'au manque de force. On pourrait donner à ces barres de fer d'ancrage une section de six centimètres carrés qui serait suffisante.

(2) A Decazeville les fours à coke sont simplement accolés les uns aux autres et non adossés (*fig.* 24, 25 et 27). La houille arrive au dépôt par un chemin de fer construit au niveau de la cheminée qui ne présente aucune partie saillante. C'est par cette cheminée solidement établie que se fait le

de la façade du bâtiment de chargement ; elle est éloignée de 30 mètres seulement du bâtiment des chaudières. Entre les fours et les bâtiments le sol est horizontal. De l'autre côté des fours on n'a remblayé qu'une bande de terrain de 15 mètres de largeur.

Entre les fours et les bâtiments on plaçait en dépôt, outre la houille destinée à la fabrication du coke, le combustible pour les chaudières, la castine, etc.

Autour des fours à coke ainsi disposés on circule librement avec les gros chariots à quatre roues et attelés de six chevaux qui amènent la houille dont une partie est déposée le long de chaque façade, au delà du terrain nécessaire pour le défournement. Il faut compter qu'une bande de terrain de 25 mètres de largeur est nécessaire le long de chaque façade des fours à une porte pour le travail de ces fours et l'emmagasinage de la houille destinée à les alimenter pendant six semaines. Un intervalle de six mètres entre les deux groupes et un espace de dix mètres de largeur à la fin de chaque groupe sont également nécessaires mais bien suffisants pour la circulation des voitures.

---

chargement. L'ouvrier amène la houille avec une brouette et la verse directement dans le four.

Le coke est transporté au gueulard des hauts-fourneaux par un autre chemin de fer établi sur le sol antérieur du four et moins élevé que le précédent de toute la hauteur de la maçonnerie de ce four.

Il conviendrait de placer au-dessus du four une plaque de fonte percée d'une ouverture circulaire égale à celle de la cheminée pour protéger la maçonnerie, mais on devrait éviter que cette plaque ne rougît par le contact des gaz sortant du four, autrement elle se détruirait promptement.

Un terrain de 95 mètres de longueur et 57 mètres de largeur, ou 6.415 mètres carrés de superficie, est donc nécessaire, mais suffisant (1) pour l'établissement et le service de quarante fours à coke à une porte, semblables à ceux que je viens de décrire, adossés deux à deux et accolés, sur une même ligne droite, de manière à former deux groupes distants l'un de l'autre de six mètres.

Ces quarante fours à une porte seraient plus que suffisants pour fournir le coke à un haut-fourneau produisant en moyenne dix mille kilogrammes de fonte de moulage, même en tenant compte du temps perdu par suite des réparations à faire à quelques fours.

Outils accessoires.

L'eau nécessaire pour éteindre le coke, lors de son défournement, est prise à $1^{m},50$ au-dessus du sol de l'usine, dans la bâche du condenseur de la machine à vapeur. Elle est amenée près du premier four par un tuyau en plomb de $0^{m},05$ de diamètre intérieur et de 50 mètres de longueur environ. A l'extrémité de ce gros tuyau on en a adapté deux autres *ee* de $0^{m},035$ de diamètre intérieur et conduisant l'eau le long de chacune des façades des fours.

Cette eau est reçue dans les bacs en fonte *r* de la contenance de 1 1/2 hectolitre, placés près des fours et enterrés dans le sol. Chaque bac commu-

(1) On peut opérer sur un terrain moins étendu, et c'est ce qu'on a fait à Maubeuge dans les commencements. Du côté opposé aux hauts-fourneaux on n'avait remblayé que sur 12 mètres de largeur; on n'avait remblayé que sur 5 mètres de largeur à l'extrémité de chaque groupe. Le reste a été depuis lors ou sera remblayé avec des laitiers. Une bande de terrain de 7 mètres de largeur suffirait pour le service seul.

nique directement avec le tuyau d'alimentation, par un embranchement adapté à ce tuyau. L'un quelconque des bacs est un peu plus élevé au-dessus, ou moins enterré au-dessous du sol que ceux placés en aval, afin que l'eau arrivant en excès sorte par le trop plein du dernier bac.

Les tuyaux en plomb dont je viens de parler pèsent ensemble environ 1.000 kil. (1) et constituent une dépense d'environ 750 francs. Dans une usine établie sur un terrain solide on pourrait les remplacer par de petits conduits rectangulaires dont le contour serait formé par quatre briques.

Une pompe a dû être établie dans un puits pour donner l'eau lorsque, par une cause quelconque, la machine à vapeur sera arrêtée. Cette pompe est indispensable dans une usine où l'on n'a pas à sa disposition un courant d'eau naturel au niveau du sol.

Les outils nécessaires pour l'exploitation de sept fours à coke à une porte, sont :

	kil.
Deux pelles ordinaires en fer (*fig.* 13, *Pl. I*) pour l'enfournement de la houille, pesant ensemble.	5,30
Deux grandes pelles rectangulaires (*fig.* 15 et 16) pour le défournement du coke, et pesant ensemble.	15,00
Un rable en fer avec manche rond (*fig* 18 et 17) pour le défournement du coke, pesant. . . .	15,00
Un ringard octogone (*fig.* 14) en fer, pesant.	81,00
Une pelle-grille en fer (*fig.* 21).	5,00
Total du poids du fer (2). . .	121,30

(1) 44 mètres courants de gros tuyaux pesant l'un 8 kil., et 130 mètres de petits tuyaux pesant 5 kil. le mètre courant.

(2) Lorsque la houille bien collante donne du coke en

	fr.
Valeur du fer à raison de 1 fr. le kil.	121,70
Deux manches de petite pelle et deux manches de grande pelle valant ensemble.	2,40
Une grande brouette de la contenance d'un hectolitre pour amener la houille au pied du four.	12,00
Un sceau pour puiser l'eau et arroser le coke. .	6,00
Un tamis en osier et à deux poignées (*fig.* 20) pour tamiser les cendres et en séparer les escarbilles.	0,75
Un râteau en bois pour séparer les fragments de coke des escarbilles et des cendres avant de les passer au tamis.	2,00
Total de la valeur des outils. . .	144,85

État des matériaux de chaque sorte employés à la construction.

Je crois inutile de donner ici le prix coûtant des fours établis à Maubeuge, mais je vais indiquer les éléments au moyen desquels on pourra calculer le prix de revient de fours semblables dans une localité quelconque, lorsque l'on connaîtra le prix des matières premières et de la main-d'œuvre dans cette localité. J'ajouterai que les fours que je viens de décrire ne sont pas exactement ceux exécutés à Maubeuge; j'y ai fait quelques modifications que l'expérience m'a suggérées.

1° Maçonnerie de moellons bruts ou de briques ordinaires de médiocre qualité avec mortier de chaux grasse et de sable.

	mèt. c.
Banquette ou radier des piédroits de fondation.	5,88
Piédroits de fondation.	6,98
Remplissage des reins de la voûte qui réunit les piédroits des fondations, jusqu'à la hauteur de la sole du four.	8,71
A reporter. . .	21,57

très-gros morceaux, on joint aux outils précédents une pioche (*fig.* 19 et 20) pesant 2,5 kil. et munie d'un manche de 2^m,50 de longueur, valeur totale 3 fr. 40 c.

Report.	21,57
Remplissage au-dessus de la voûte et des piédroits du four (1).	7,36
0m,10 de la maçonnerie supplémentaire à ajouter à la fin de chaque groupe de fours pour porter l'épaisseur à 1 mètre au niveau de la solè et dans le prolongement du petit axe de cette sole (*fig.* 24 et 27, *Pl. I*).	0,97
Cube total de la maçonnerie n° 1 (2). .	29,90

2° Maçonnerie en briques de bonne qualité avec mortier de chaux grasse et de sable.

	mèt. c.
Voûte en briques réunissant les piédroits des fondations.	3,63
Enveloppe des piédroits du four et des canaux d'aérage.	1,04
Cube total de la maçonnerie n° 2 (3). .	4,67

3° Maçonnerie en briques ordinaires avec mortier réfractaire.

(1) Entre deux fours consécutifs et accolés, au niveau de la sole et dans le prolongement de cette sole, l'épaisseur de la maçonnerie est de 0m,70 seulement.

Les fours placés à l'extrémité d'un groupe doivent être maintenus extérieurement par une maçonnerie épaisse d'un mètre au moins, mesurée suivant le prolongement du petit axe de la sole du four (*fig.* 24 et 27, *Pl. I*).

Pour consolider la face verticale et extrême d'un groupe, on pourrait l'ancrer avec des barres de fer de 12 mètres de longueur et de six centimètres carrés de section. Ces barres engagées dans la maçonnerie devraient être éloignées de 0m,40 du feu. Elle ne sont pas indispensables.

(2) Dans une localité qui ne serait pas exposée aux inondations, en adoptant le mode de fondations usité à Decazeville et dans beaucoup d'autres lieux, le cube de la maçonnerie n° 1 serait réduit à 15 mètres (*fig.* 25 et 26, *Pl. I*).

(3) Dans le cas de la note précédente, la voûte en briques réunissant les piédroits des fondations n'existerait pas. Le cube de la maçonnerie n° 2 serait réduit à 1m,04.

	mèt. c.
Sole du four.	1,07
Moitié des piédroits du four.	0,62
Partie de la cheminée saillante au-dessus du massif du four.	0,22
Cube total de la maçonnerie n° 3. .	1,91

4° Maçonnerie en briques réfractaires avec mortier réfractaire.

	mèt. c.
Moitié de la maçonnerie des piédroits.	0,62
Voûte du four.	2,80
Partie de la cheminée comprise entre la voûte et la face supérieure du massif du four.	0,13
Cube total de la maçonnerie n° 4. .	3,55

5° Enduit ou chappe en bon mortier de chaux et de sable (1) recouvrant la partie supérieure du massif sur une épaisseur de $0^{m},03$ environ, pour empêcher l'infiltration des eaux.

Douze mètres quarrés de chappe . . . . $12^{m.q.},00$

6° Fer pour ancrage ou consolidation de la maçonnerie.

	kil.
Quatre barres de fer plat de $0^{m},04$ sur $0^{m},011$ pour ancrage des fours au-dessus et au-dessous de la voûte.	54,00
Huit petites barres pour ancrage de la cheminée.	3,75
Poids total du fer n° 6. .	57,75

7° Fer ouvré pour garnitures de porte. $12^{kil.},48$

(1) Au lieu de sable on peut employer pour la préparation de ce mortier des cendres tamisées et provenant soit des fours à coke, soit des foyers des machines à vapeur alimentés avec de la houille. Ces cendres agissent comme de la pouzzolane.

8° Fonte.

	kil.
Un châssis garnissant l'ouverture de la porte. . .	115,00
Un battant de porte.	32,00
Deux plaques allongées pour ancrage de la maçonnerie.	100,00
Une plaque rectangulaire pour garnir le sol devant la porte du four et recevoir la houille à charger.	175,00
Le tiers d'un bac en fonte pour recevoir l'eau destinée à l'extinction du coke.	63,00
(1) Poids total de la fonte n° 8. .	485,00

(1) A Decazeville les maçonneries sont ancrées intérieurement avec des barres de fer carré de 0m,03 de côté environ *hh*, *ll* (*fig*. 25, 26 et 27, *Pl. I*).

A la porte du four il n'y a pour toute garniture de fonte qu'une plaque *n n* de 0m,02 d'épaisseur qui recouvre la sole de l'embrasure à hauteur d'appui et sur laquelle les ouvriers appuient les ringards et les rables avec lesquels ils font tomber le coke sur le sol de l'usine (*fig*. 24, 26 et 27).

Le contour de l'ouverture de la porte du four est fait en grosses briques réfractaires semblables à celles employées pour les chemises des hauts-fourneaux, taillées et maçonnées solidement.

La porte se compose d'un cadre en fer plat de 0m,06 de largeur et 0m,012 d'épaisseur, environ, et garni de barres verticales de 0m,06 de largeur et 0m,01 d'épaisseur, environ. Ces dernières barres sont posées à plat sur les premières. L'intérieur du cadre est rempli de briques réfractaires (*fig*. 28). Cette porte est suspendu par une tige de fer rond de 0m,01 de diamètre environ et fixée à un levier un peu coudé également en fer et présentant une section d'environ 8 centimètres carrés. Pour opérer le défournement on maintient la porte soulevée au moyen d'un crochet *p* placé à l'extrémité du levier et que l'on passe dans l'anneau *q* (*fig*. 27, *Pl. I*).

On peut évaluer à 64 kil. les fers d'ancrage, à 60 kil. les fers ouvrés pour la porte et son levier, et enfin à 37 kil. environ, le poids de la plaque de fonte. Ce genre de garniture est moins commode que celui de Maubeuge, mais il est moins coûteux.

9° Plomb.

Un quarantième des tuyaux nécessaires pour tous les fours; soit pour un four. 25kil.,00

10° Terrains.

Emplacement nécessaire pour la construction et le service d'un four. Le quarantième du terrain employé pour tous les fours. 160m.q.,35

11° Remblais.

Un quarantième des remblais que l'on a dû faire à Maubeuge pour le service immédiat des fours, soit pour un four à une porte. . 117m.c.,00

12° Outils.

Un septième des outils dont le détail a été donné ci-dessus, pour mémoire. . . . .

13° Frais généraux de comptabilité, de bureau, de direction et de surveillance des travaux estimés à 6 p. o/o des dépenses indiquées ci-dessus, pour mémoire.

Sous-détails.

1° Prix de revient du mètre cube de mortier de chaux grasse et de sable ordinaire fabriqué au rabot.

	fr.
0,25 mètre cube de chaux vive.	
Extinction et mesurage de la chaux vive à raison de 0fr.,65 le mètre cube (1).	0,16
A reporter. . . .	0,16

(1) Le meilleur moyen d'éteindre la chaux consiste à la mettre dans un bassin creusé dans le sol et à jeter dessus immédiatement la quantité d'eau nécessaire pour l'amener à l'état de pâte ferme. Si le bassin doit durer longtemps on peut faire son contour en maçonnerie.

Un mètre cube de chaux grasse et vive donne généralement deux mètres cubes de chaux en pâte.

Lorsque la chaux n'est pas parfaitement cuite ce qui ar-

	fr.
Report.	0,16
0,75 mètre cube de sable (1).	. . .
Confection au rabot, mesurage compris.	1,10
Remaniement avant l'emploi.	0,50
Outils, brouettes, planches.	0,10
Total des frais de fabrication du mètre cube.	1,86

On fabrique très-bien le mortier avec un manége composé de deux ou trois grandes roues tournant dans une auge qui renferme la chaux. On ajoute ensuite l'eau nécessaire pour délayer la chaux, puis, enfin, la quantité de sable convenable. Ce mortier est propre à la confection de la maçonnerie en briques à joints fins. Le prix de fabrication du mètre cube de mortier par ce procédé, y compris l'entretien des outils est de 2fr.,31, comme par le procédé indiqué dans la note 20, et dans lequel on éteint la chaux en mottes recouvertes de sable.

2° Prix de fabrication du mètre cube de maçonnerie en moellons bruts (2), les matériaux se

---

rive souvent, il y reste des pierres qui ne se fondent pas et gênent beaucoup pour le travail de la maçonnerie, de briques, surtout lorsqu'on veut faire les joints un peu fins.

On peut éteindre la chaux destinée à la maçonnerie de briques en la divisant par petits tas de trois quarts d'hectolitre environ, l'entourant de sable et l'en recouvrant ensuite après y avoir jeté la quantité d'eau nécessaire pour la réduire en poudre. Après 24 heures on passe le tout à la claie et on retire les pierres. Les frais de fabrication du mètre cube de mortier par ce procédé sont de 2 fr. 31 c. environ.

(1) La proportion du sable varie avec sa nature. Un volume de chaux en pâte peut recevoir plus de sable à gros grains que de sable fin. Les grains de ce dernier présentent une plus grande surface qui doit être entourée de chaux. A Maubeuge le sable était à grains fins.

(2) Dans beaucoup de localités du département du Nord,

trouvant à moins de cent mètres des constructions à exécuter.

	fr.
1,33 mètre cube de moellons bruts.	
0,33 mètre cube de mortier à 1fr,86 pour main-d'œuvre.	
Main-d'œuvre de la maçonnerie.	2,25
Outils, planches, cordages.	0,20
Prix de fabrication du mètre cube de la maçonnerie n° 2.	2,45

3° Prix de fabrication du mètre cube de maçonnerie en briques de bonne qualité pour voûtes et autres constructions faites avec soin (1).

	fr.
560 briques.	
0,25 mètre cube de mortier à 2fr,21 pour la façon seule.	
Main-d'œuvre de la maçonnerie.	6,00
Outils, planches et cordes pour échafaudages. . .	0,50
Prix de fabrication du mètre cube de la maçonnerie n° 3.	6,50

4° Prix de fabrication du mètre cube de maçon-

---

le prix de la maçonnerie ordinaire en briques, y compris la valeur des matériaux est moindre que celui de la maçonnerie en moellons bruts, c'est pourquoi je n'ai pas fait de distinction entre ces deux sortes de maçonnerie dans le détail des fours à coke.

(1) Dans la partie orientale du département du Nord, il est d'usage de donner, aux ouvriers travaillant à la tâche, le même prix pour les voûtes que pour les autres maçonneries, mais, dans le métré, on compte les voûtes comme pleines dans leur intérieur, à moins qu'elles ne soient très-grandes (plus de trois mètres d'ouverture par exemple). Les prix varient alors de 2 fr. à 3 fr. 50 le mètre cube. Pour 4 fr. 50 on ferait exécuter des murailles à plus de 8 mètres au-dessus du sol.

J'ai préféré indiquer, partout, les cubes réels en modifiant les prix en conséquence.

nerie en briques ordinaires avec mortier réfractaire.

	fr.
580 briques.	
0,25 mètre cube de mortier réfractaire.	
Main-d'œuvre de la maçonnerie.	0,00
Outils, planches et cordes d'échafaudages.	8,00
Prix de fabrication du mètre cube.	8,50

5° Prix de fabrication du mètre cube de maçonnerie en briques réfractaires et mortier réfractaire (1).

	fr.
580 briques réfractaires.	
0,10 mètre cube de mortier réfractaire.	
Main-d'œuvre de la maçonnerie.	8,00
Outils, etc.	0,50
Prix de fabrication du mètre cube.	8,50

6° Prix de fabrication du mètre carré de chappe

(1) Les briques réfractaires sont moulées avec plus de soin que les briques ordinaires : aussi dans la maçonnerie peut-on faire les joints plus fins, et, alors, pour ne pas employer plus de briques réfractaires que de briques ordinaires par mètre cube de maçonnerie il faut que les premières soient un peu plus grosses. Les maçonneries sont d'ailleurs d'autant plus solides que les joints sont plus fins ou plus serrés.

Les fours à coke n'exigent pas l'emploi de matériaux aussi réfractaires que les hauts-fourneaux, mais, néanmoins, il faut exécuter, avec beaucoup de soin et avec des matériaux de très-bonne qualité l'origine de la cheminée. Le cube de cette partie de la maçonnerie étant très-petit, je n'ai établi aucun compte particulier à cet égard.

En beaucoup de localités le prix du mètre cube de maçonnerie réfractaire pour les hauts-fourneaux est de 200 francs, environ, tandis que le prix du mètre cube de maçonnerie réfractaire pour four à coke est de 50 fr. dans la même localité.

ou enduit de mortier pour la partie supérieure des fours à coke.

	fr.
0^{m},035 mètre cube de mortier de très-bonne qualité. . . .	
Main-d'œuvre.	0,14
Prix de fabrication du mètre carré. .	0,14

Le prix de la confection et de la pose des fers d'ancrage, peut être évalué à $0^{fr.}$,20 par kilogramme.

Le prix de la confection et de la pose des fers ouvrés, pour garnitures de portes, etc., est de $0^{fr.}$,50 par kilogramme, non compris la valeur des fers. Les derniers surtout doivent être de bonne qualité.

Dans les travaux dont je viens de parler, les maçons et les charpentiers, travaillant à la journée, gagnaient 3 francs pour 12 heures de travail; à la tâche ils gagnaient pour le même temps 4 francs.

Les manœuvres de force ordinaire, employés à la fabrication du mortier, gagnaient 1^{fr},50. Les autres, plus forts, et ceux qui portaient le mortier sur les échafaudages des maçons, $1^{fr.}$,75.

Les manœuvres travaillant à la tâche, pour la fabrication du mortier et le service des maçons, gagnaient 2 francs par journées de 12 heures. Les manœuvres plus forts, travaillant à la tâche pour le transport des matériaux et les travaux de terrassement (1), gagnaient $2^{fr.}$,50. Le chef forge-

(1) Les remblais autour des fours à coke de Maubeuge ont été faits presqu'entièrement en terre, sans gravier, facile à fouiller au louchet. On donnait 18 c. par mètre cube pour la fouille et 8 c. par chaque trente mètres de transport par brouettes. Le roulage se faisait sur des planches

ron gagnait 3fr.,50, le 2e forgeron 3 francs, les aides ou frappeurs 1fr.,75 à la journée : on ne les a jamais employés à la tâche.

Dans l'exécution des fours à coke on peut donner à la tâche les travaux concernant les fondations et toute la maçonnerie de remplissage, ainsi que la fabrication du mortier de chaux et de sable. Ce mode d'exécution procure une économie notable, mais il faut faire à la journée toute la maçonnerie réfractaire, les conduits d'air, la cheminée, enfin toutes les parties des fours qui exigent beaucoup de soins. De bons ouvriers employés à la journée peuvent perdre un peu de temps, mais leur ouvrage est bien exécuté. C'est là ce qui importe le plus pour les fours à coke, comme pour les hauts-fourneaux.

Des précautions à prendre pendant la construction et la mise à feu des fours à coke.

Les fours à coke doivent être construits pendant

---

de bois blanc de 0m,04 d'épaisseur et 0m,25 de largeur environ. L'entretien des louchets ou bèches était seul à la charge des ouvriers. On peut évaluer approximativement, à 0,025 de la somme dépensée, les frais d'entretien des brouettes et des planches.

Le mélange d'un peu de gravier dans la terre exigeait l'emploi de la pioche et faisait monter le prix de la fouille à 40 c. par mètre cube.

Lorsque les remblais sont peu chargés, les terres foisonnent, mais le volume des remblais d'une grande hauteur est moindre que le cube des déblais ; c'est ce que l'expérience a prouvé au pont de Roanne, sur la Loire, et dans les grands travaux de chemins de fer aux environs de Paris.

la belle saison, à l'abri des grandes pluies, car les eaux pluviales, en s'infiltrant à travers la maçonnerie en mortier de chaux et de sable qui recouvre la maçonnerie réfractaire faite avec des mortiers argileux, entraîneraient ceux-ci et pourraient occasionner la chute de la voûte.

Lorsque des fours ont été construits par des temps pluvieux, il est bon d'y faire du feu avec du bois ou des morceaux de houille immédiatement après qu'ils ont été décintrés, et de maintenir ce feu pendant trois ou quatre jours, en ne laissant pénétrer dans le four que l'air nécessaire à la combustion, après quoi on peut commencer à charger pour coke.

La houille nécessaire pour sécher un four peut être évaluée à 15 hectolitres.

Pendant les premiers jours de la carbonisation, il se dégage de toute la maçonnerie une quantité de vapeur d'eau considérable, qui absorbe beaucoup de chaleur et diminue le rendement de la houille en coke. La perte ainsi faite pendant la première semaine peut être évaluée à 10 hectolitres de houille, ce qui porte à 25 hectolitres la quantité nécessaire pour la complète mise à feu d'un four neuf.

Je ne pense pas que l'on puisse obtenir un résultat plus avantageux en chauffant brusquement les fours par l'introduction et l'inflammation immédiate d'une quantité de houille considérable, comme on le fait dans beaucoup de localités.

Lorsqu'on a laissé refroidir un four, il faut y faire un feu de houille en morceaux pour le réchauffer avant de charger pour coke. Le produit des trois premières carbonisations est d'ail-

leurs moindre que celui des suivantes. On peut évaluer à 10 hectolitres la quantité de houille nécessaire pour réchauffer un four qui a déjà servi.

De la fabrication du coke dans les fours à une porte.

Pour le service ordinaire de sept fours semblables à ceux que je viens de décrire, il y a deux ouvriers associés.

La houille est supposée emmagasinée à une distance moyenne (12 mètres) de chaque four. L'un des ouvriers va la chercher au tas dans une brouette contenant un hectolitre, qui sert en même temps de mesure, et la verse sur la plaque de fonte G, placée en avant du four et immédiatement au-dessous de la porte (*fig.* 1, *Pl. I*).

L'autre ouvrier prend la houille sur cette plaque, la jette dans le four à l'aide de la pelle (*fig.* 13), et l'égalise avec le rable en fer (*fig.* 18 et 19).

Le chargement de tous les fours est ordinairement terminé à midi.

La houille s'enflamme bientôt après le chargement. Dès le soir la quantité de gaz ou plutôt de flamme sortant par la cheminée diminue notablement, et on diminue la quantité d'air entrant dans le four, soit en lutant les portes avec de la terre et fermant les ouvertures extérieures des canaux d'aérage; soit en modérant le tirage des cheminées à l'aide de registres ou plaques de fonte placées à la partie supérieure. Ce dernier moyen ne présente aucun avantage et il est dispendieux; car les registres presque constamment

chauffés au rouge sont promptement altérés par le contact de l'air et des vapeurs sulfureuses sortant du four.

Le lendemain matin il ne sort presque plus de flamme par la cheminée, et, pour faciliter le dégagement des dernières parties de gaz restant dans la houille en contact avec la sole du four, les deux ouvriers saisissent ensemble le grand ringard octogone (*fig.* 14), et l'enfoncent, par la pointe, entre la houille et la sole. En appuyant sur la tête de ce ringard, par secousses, ils brisent la couche de coke et mettent en contact avec l'air et la chaleur une partie de la houille qui adhérait à la sole, ce qui facilite le dégagement des dernières parties de gaz.

Une heure environ après le soulèvement du coke, les ouvriers commencent le défournement au moyen de la grande pelle rectangulaire (*fig.* 15 et 16), munie d'un manche en bois de 4 mètres de longueur environ. Un seul ouvrier manœuvre cette pelle. Le coke retiré du four, comme un pain le serait d'un four de boulanger, est déposé doucement sur la terre en ayant soin d'espacer les morceaux pour faciliter l'extinction spontanée qui a l'avantage de donner un coke sans cendres adhérentes. Néanmoins, malgré cette précaution, on est encore forcé d'employer un peu d'eau.

A Maubeuge, le rable en fer (*fig.* 17) est employé seulement pour retirer du four les menus morceaux de coke et non pour faire tomber toute la fournée de coke sur le sol comme cela a lieu, à tort, dans beaucoup d'usines, car en tombant ainsi de $0^{m},70$ de hauteur, le coke se brise et subit un grand déchet.

Dans chaque four on charge, pour 24 heures,

15 hectolitres de houille pesant l'un 87 kilogrammes, soit ensemble 1305 kilogrammes qui rendent moyennement 757 kil. ou 58 p. 00 de coke propre au haut-fourneau (1).

On a essayé, pour 48 heures, des charges de 20 et 25 hectolitres, mais on n'y a trouvé aucun avantage, ni sous le rapport du rendement de la houille en coke, ni sous le rapport de la qualité du coke, ni sous le rapport de la main-d'œuvre. Le défournement du coke était beaucoup plus difficile qu'avec une charge de 15 hectolitres : on cassait souvent des outils, notamment de grands ringards employés à soulever le coke. On n'a

---

(1) A Maubeuge on a presque toujours arrosé la houille avec de l'eau avant de la charger dans les fours. On pensait que cet arrosage faisait obtenir du coke en plus gros morceaux. Comme la houille s'enflammait facilement, peut-être le meilleur effet produit par l'eau était-il d'empêcher la température de s'élever trop brusquement.

Après avoir amassé avec la pelle en forme de grille (*fig.* 22) les plus gros morceaux de coke déposés sur le sol et après avoir trié avec un râteau ce qui reste, on passe le résidu, composé principalement de cendres, dans un tamis en osier (*fig.* 21 et 21 *bis*) dont le fond est formé de baguettes espacées d'un centimètre, environ.

On retire ainsi, chaque jour environ 2 hectolitres d'escarbilles provenant des cendres des fours à une porte. Les cendres des fours à deux portes dont je parlerai plus tard ne renferment pas notablement d'escarbilles.

Les cendres de coke passées dans un tamis plus fin que celui que j'ai indiqué peuvent être employées comme pouzzolane. A l'usine de Maubeuge on les employait, en grande partie, à garantir de la chaleur les ouvriers du haut-fourneau. Lors du travail du creuset, on les jetait sur les matières rouges mises à découvert.

Les escarbilles de coke peuvent être brûlées dans les foyers des machines.

d'ailleurs jamais pu, en une seule grande charge, obtenir autant de produit qu'avec deux petites (1).

Pour se rendre bien compte du résultat de la carbonisation, il faut avoir soin de mesurer ou peser le produit immédiatement à la sortie du four, car si on place même avec soin dans un magasin du coke de bonne qualité, et qu'on le reprenne immédiatement pour le peser de nouveau, en retrouvera bien le même poids, mais il y aura au moins 5 p. o/o de menus débris qu'on ne pourrait pas jeter dans un haut-fourneau. Il existe d'ailleurs des cokes qui, bien que provenant de houilles très-collantes, se fendillent par le refroidissement, perpendiculairement à la sole du four, de manière à former de petits prismes très-allongés qui se brisent avec la plus grande facilité. Ces cokes, comme ceux provenant de houille peu collante, pourraient donner un déchet de 10 p. o/o sur une seule manipulation. Il est donc très-important de manier le coke le moins possible (2) avant de le charger dans les hauts-fourneaux, puisque, à chaque manutention, on perd, non-seulement le déchet montant à 5 p. o/o de la valeur du coke, mais encore les frais de chargement et de déchargement qui sont de 0fr.,5 par 1.000 kil. sans compter les frais de transport.

(1) On employait à Maubeuge de la houille grasse extraite sur le territoire de la commune de Quaregnon, près de Mons (Belgique).

(2) Dans le midi de la France où les pluies sont rares, on peut laisser le coke à l'air près des fours. Dans le nord il faut abriter les fours ou au moins les places de défournement.

Détail des frais de fabrication du coke dans sept fours à une porte et pendant un jour.

	fr.
Deux journées d'ouvriers calcineurs à 1fr.,87. . .	3,74
0,40 journée de manœuvre pour surveiller l'extinction du coke, tamiser les cendres, etc., à 1fr.,50 la journée.	0,60
Entretien journalier des outils.	0,70
Intérêt à 5 p. 0/0 l'an de la valeur de sept fours estimés 700 fr. l'un, y compris la valeur des terrains et des outils faisant pour un jour.	0,67
Entretien des sept fours pendant un jour à raison de cent francs par an, et par four (1).	1,97
Frais de bureau et de surveillance des travaux. .	0,50
Total. . .	8,18

La charge totale des sept fours est de 9.135 kilog. de houille. Le produit total en coke est de 5.299 kilog. Les frais de fabrication sont donc pour 1.000 kil. de coke obtenu.

	fr.
Main-d'œuvre.	0,82
Entretien et frais généraux.	0,72
Frais de fabrication de 1.000 kil. de coke.	1,54

Pour connaître la valeur de chaque espèce de houille employée dans une usine, on fait de fré-

(1) Je n'ai suivi la fabrication du coke que pendant six mois, je ne puis donc indiquer qu'approximativement les frais de réparation d'un four qui dure plusieurs années. Néanmoins je ne crois pas m'écarter beaucoup de la vérité en évaluant ces frais d'entretien à 100 fr. par an et par jour. Je ne pense pas que l'on puisse reconstruire, solidement, un four hors de service à moins de 250 francs, même en réemployant une partie des anciens matériaux. Ces frais d'entretien varient d'ailleurs avec les prix des matières premières.

quents essais en mesurant avec soin les quantités chargées dans un certain nombre de fours ainsi que les produits de ces fours, mais, pour arriver à connaître le véritable prix de revient en grand, ces essais sont insuffisants.

Pour atteindre ce but on porte sur un registre spécial : 1° les quantités de houille entrées, chaque jour, à l'usine, 2° les quantités de chaque sorte qui ont dû être chargées dans les fours à coke, 3° les produits de ces fours.

A la fin de chaque mois on fait un inventaire des quantités de houille restant en magasin, et on rectifie ainsi l'indication des quantités consommées journellement dans les fours, indication toujours inexacte par suite des erreurs que commettent les ouvriers dans le chargement.

Connaissant ainsi le produit et la consommation exacts, on établit facilement le rendement moyen. Il faut d'ailleurs observer que, si le coke destiné à l'alimentation d'un haut-fourneau subit une manipulation quelconque, emmagasinage ou autre, avant le chargement, le produit de la carbonisation dans les fours ne cadrera plus avec la consommation du haut-fourneau, d'autant plus que les ouvriers sont souvent portés à augmenter la charge en coke dans le haut-fourneau, en remplissant les mesures plus qu'ils ne devraient le faire, sans augmenter le minerai, afin de diminuer le nombre des charges qu'ils ont à faire par chaque poste.

Des fours à coke à deux portes et à défournement instantané à l'aide d'un cabestan (Pl. II, fig. 1 à 29).

A Maubeuge, pour compléter la production du

coke nécessaire à l'alimentation d'un haut-fourneau qui donne en moyenne, par jour, dix mille kilog. de fonte grise pour deuxième fusion, on a établi, outre les trente fours à une porte dont je viens de parler, six fours à deux portes et à défournement instantané, semblables, dans leur ensemble, à ceux employés autrefois à Decazeville et maintenant encore au Creusot.

Dimensions et mode d'exécution des fours.

Les fondations de ces fours consistent en massifs de maçonnerie de moellons bruts surmontés de piédroits. Ces piédroits en moellons bruts ou en briques de médiocre qualité, sont terminés à leur partie supérieure, par un plan incliné à l'horizon et parallèle à la sole du four (*fig.* 4). Ils sont réunis, deux à deux, par une voûte sur plein-cintre dont l'axe est incliné à l'horizon et parallèle à l'axe du four.

Ces voûtes *v* (*fig.* 4 et 6) qui réunissent les piédroits sont en briques de bonne qualité avec mortier de chaux et de sable. Pour les établir on se sert de cintres en bois semblables à ceux employés pour les voûtes des fondations des fours à une porte. Ces cintres en bois (*fig.* 5) présentent des sections circulaires lorsqu'on les coupe par un plan perpendiculaire à leur axe longitudinal. Ils sont construits en latteaux de bois blanc appuyés sur des demi-cercles en planches de $0^{m},04$ d'épaisseur environ, et consolidés par des traverses de $0^{m},10$, environ, d'équarrissage; mais on ne peut pas placer de ces cercles immédiatement aux deux extrémités, car les faces extrêmes de la maçonnerie étant verticales, elles coupent les voûtes inclinées suivant des ellipses. On laisse les latteaux dépasser inégalement les derniers cercles pour figurer ces ellipses.

Les massifs qui supportent les piédroits de fondation ont 1^{m},75 de largeur au bas et 1^{m},50 en haut avec une retraite de 0^{m},125 de chaque côté et dans le milieu de la hauteur. Les piédroits ont 0^{m},90 d'épaisseur et même longueur que les massifs qui les supportent c'est-à-dire 5^{m},24. Les voûtes qui réunissent ces piédroits sont en briques, elles ont 2^{m},42 de diamètre ou d'ouverture et 0^{m},24 (une brique) d'épaisseur. Les fondations ainsi établies n'ayant manqué nulle part, on pourrait, sans doute, en semblable circonstance, diminuer l'épaisseur des piédroits et aussi le cube des massifs qui les supportent.

L'épaisseur de la maçonnerie entre l'intrados de la voûte de fondation et le vide intérieur du four est de 0^{m},60.

La largeur de la sole est de 2^{m},44 mesurée à la porte d'enfournement D (*fig.* 3) et A (*fig.* 7), et de 2^{m},60 à la porte de défournement C (*fig.* 3) et A' (*fig.* 5). Cette sole est inclinée de telle sorte que son prolongement va rencontrer le sol général et horizontal de l'usine à 5 mètres de distance de la face verticale *a'* des fondations (1) (*fig.* 4) : cette inclinaison facilite le défournement.

Les piédroits du four ont 0^{m},32 de hauteur (2)

---

(1) On peut porter cette distance à 6 mètres afin de permettre la libre circulation entre la porte du four et le coke rouge sortant de ce four. On reculerait alors jusqu'à 8 mètres les pieux qui servent à fixer la poulie de renvoi sur laquelle passe la grande chaîne de défournement.

(2) Une hauteur de quelques centimètres de plus ou de moins dans la hauteur des piédroits a peu d'influence. On se règle sur l'épaisseur des briques dont on met un nombre entier d'assises, mais, les fours de ce genre se refroidissant beaucoup lors du défournement, il convient

et sont terminés par un plan parallèle à celui de la sole.

La voûte qui recouvre cette sole a $0^m,43$ de flèche. Elle est circulaire : le cercle de la porte d'enfournement a $1^m,94$ de rayon et celui de la porte de défournement $2^m,18$, comme on peut le calculer facilement puisqu'on connaît trois points par lesquels ces cercles doivent passer.

Pour fournir l'air qui doit brûler une partie des gaz dans le four, hâter et régulariser la carbonisation de la houille, on a pratiqué deux conduits *d*, *d* (*fig.* 2, 3, 5, 6 et 7) de $0^m,06$ de largeur

---

de ne pas élever les voûtes autant que dans les fours à une porte.

Dans les maçonneries ordinaires, et à plus forte raison dans celles qui doivent être exposées à la chaleur, on fait ordinairement les joints horizontaux ou verticaux; mais ici, l'inclinaison de la sole étant très-faible (environ 15 de base pour 1 de hauteur), on place, parallèlement à cette sole, les briques rectangulaires qui composent les piédroits du four, de sorte que tous les joints sont inclinés à l'horizon. Il faut tailler les assises supérieures pour former la surface inclinée contre laquelle s'appuie la voûte (*fig.* 6). Il est de la plus haute importance, dans ce genre de constructions, de juxta-poser les briques avec beaucoup de soin et de précision, de sorte qu'il y ait très-peu de mortier dans les joints. Ce travail ne doit être confié qu'à des ouvriers habiles et soigneux.

Pour la chemise intérieure des hauts-fourneaux on taille même les briques avec le ciseau et sur place, on met le mortier avec un pinceau, de telle sorte qu'après la pose on ne pourrait pas introduire dans les joints une lame très-mince de couteau. Cette grande précision que donne la taille des briques sur place n'est pas indispensable pour les fours à coke, mais, néanmoins, le soin qu'on apporte dans la construction augmente beaucoup la durée des fours.

Les alternatives de chaud et de froid sont les causes les plus puissantes de dégradation de ces fours, aussi faut-il éviter de les éteindre et de les rallumer successivement.

et $0^m,12$ de hauteur, parallèles aux piédroits et communiquant avec l'intérieur du four par quatre ouvreaux *e* de $0^m,025$ de largeur et $0^m,24$ de hauteur percés à travers ces piédroits (*fig.* 2, 3 et 4).

La sole du four est faite en briques réfractaires placées de champ avec du mortier réfractaire de sable argileux. La longueur de ces briques est disposée parallèlement à l'axe du four. Au-dessous se trouvent deux assises de briques ordinaires mises à plat parallèlement à cette sole avec du mortier de chaux et de sable.

Les piédroits du four sont également construits entièrement en briques réfractaires avec mortier réfractaire. Toute la voûte est aussi en briques réfractaires rectangulaires à défaut de briques en forme de voussoirs qui conviendraient mieux.

La cheminée peut être construite comme celle des fours à une porte, mais il faut remarquer que la partie entrant dans la voûte ne doit former voussoir que dans un sens. La section intérieure de cette cheminée est un carré de $0^m,32$ de côté.

Autour des piédroits et de la voûte on a fait la maçonnerie en briques ordinaires avec mortier de chaux et de sable jusqu'à la distance de $0^m,24$ ou $0^m,12$ au moins. Le reste est en moellons calcaires. Le dessus de cette maçonnerie de remplissage est recouvert d'une chape en mortier de $0^m,03$ d'épaisseur pour empêcher l'infiltration des eaux pluviales. Comme on marche souvent sur cette chape pour manœuvrer les portes au moyen des crics à double manivelle (*fig.* 1 et 5), il serait convenable de la remplacer par un pavé de briques ordinaires placées de champ. Le minimum de l'épaisseur totale de la maçonnerie au-dessus de l'intrados de la voûte est de $0^m,50$.

Les fours sont accolés comme le représentent en plan les *fig.* 1 à 3, et en élévation les *fig.* 5 à 7. Le massif de maçonnerie qui sépare les conduits d'air de deux fours contigus a 0m,12 de largeur sur la face de défournement, et 0m,28 sur la face d'enfournement. En augmentant cette largeur de 0m,12, on rendrait plus facile la réparation d'un four, tandis que les deux autres contigus sont en feu.

Les ouvertures des portes sont garnies de châssis en fonte représentés (*fig.* 8 à 12). Ces châssis ont une section de 0m,08 dans le sens de l'axe du four, et 0m,07 perpendiculairement à cet axe (1). La partie inférieure porte un renflement en forme de plaque, qui garnit le prolongement de la sole jusqu'à l'affleurement des fondations.

Les châssis en fonte sont maintenus par des plaques *g* (*fig.* 1, 2, 3, 5 et 7) pour l'ensemble, (*fig.* 23) pour les détails. Ces plaques en fonte sont reliées deux à deux par des barres de fer plat qui traversent toute la maçonnerie, parallèlement à l'axe des fours, dans des conduits *h* (*fig.* 1, 4 et 6) à section carrée de 0m,06 de côté. **Garnitures de fonte et de fer.**

Ces barres de fer plat ont une section de 0m,04 sur 0m,011. Elles sont terminées par des vis auxquelles on adapte des écrous qui maintiennent les plaques de fonte. Ces vis présentent une section égale à celle des barres (2).

---

(1) L'un des châssis, qui déjà était mal dressé au moment de la pose, s'est voilé à sa partie supérieure, après trois mois d'activité. Le milieu étant devenu saillant, la porte joignait mal aux deux extrémités. Il conviendrait d'augmenter en ce point l'épaisseur de la fonte dans le sens de l'axe du four et de diminuer sa hauteur verticale qui est de 0m,15.

(2) Quelques barres de fer d'ancrage ayant les dimensions

Les portes sont en fer, avec un remplissage en briques réfractaires. Le contour et les montants verticaux sont en fer plat de $0^m,06$ sur $0^m,015$. Les traverses horizontales sont en fer rond de $0^m,02$ de diamètre (1). Ces portes se soulèvent et s'abaissent en glissant sur la face plane du châssis, entre deux saillies *i i* (*fig.* 5, 9 et 11). Elles sont tirées par des crics *c* (*fig.* 5 et 13 à 18). Chacun de ces crics se compose d'un pignon recevant le mouvement d'une double manivelle et faisant mouvoir une crémaillère. Le pignon doit être établi de telle sorte qu'un ouvrier seul puisse soulever une porte en manœuvrant une manivelle de chaque main. Une petite roue à rochet sert à tenir la porte soulevée. Chaque cric est maintenu par deux tirants *k*, en fer rond de $0^m,01$ de diamètre (*fig.* 1, 4 et 5).

Le pignon et la crémaillère sont en fonte. Les joues du cric sont en tôle de $0^m,003$ d'épaisseur. La manivelle est en fer de cinq centimètres carrés de section.

Ce cric repose sur une plate-forme en fonte (*fig.* 15) que traverse la crémaillère. Il est attaché au moyen de boulons aux deux faces verticales de cette plate-forme qui fait corps avec

---

indiquées ont cassé, mais, comme elles n'étaient pas convenablement éloignées du feu, il n'est pas démontré, par ce fait, que leur force n'eût pas été suffisante si on les eût placées à $0^m,40$ de distance du vide intérieur du four, c'est-à-dire du feu. Une section de six centimètres carrés serait certainement suffisante pour ces barres d'ancrage.

(1) On pourrait faire des portes de deux pièces, en fonte, à face extérieure plane avec rebords saillants intérieurement de 0,06 et pointes de même hauteur pour maintenir le mélange de terre réfractaire et de ciment dont on garnirait la partie tournée vers l'intérieur du four.

deux montants inclinés dont la section horizontale à la hauteur de RR (*fig.* 1) est représentée (*fig.* 14). Les pieds des deux montants sont réunis par une semelle (*fig.* 13) que l'on fixe sur le châssis au moyen d'écrous et de boulons de 3 centimètres carrés de section.

En avant de la porte d'enfournement on place deux plaques de fonte *n* (*fig.* 1 à 3), de 1^{m},20 de longueur, de 1^{m},10 de largeur et 0^{m},02 d'épaisseur, sur lesquelles on verse la houille que l'on jette ensuite dans le four avec une pelle.

Il convient de paver en briques ordinaires placées de champ, avec mortier de chaux et de sable, la partie du sol incliné qui avoisine la porte de défournement, jusqu'à la distance de 1^{m},50, afin de faciliter l'enfournement de la houille que l'on introduit par cette porte, et le défournement du coke. Ce pavé de briques doit reposer sur une maçonnerie ordinaire de 0^{m},20 d'épaisseur environ. Un pavé semblable qui s'étendrait sur toute la partie du sol de l'usine que recouvre le coke à sa sortie du four serait fort commode, mais on peut se contenter de remblayer cette partie avec de la terre semblable à celle que l'on emploie pour la confection des briques ordinaires. On dame cette terre avec soin en la recouvrant d'un peu de cendre pour l'empêcher d'adhérer aux outils, et, après quelques jours de service, elle se durcit par le contact du coke chaud et sortant du four.

Pour le service des fours à deux portes, il faudrait un terrain de 25 mètres de largeur sur chacune des deux façades. On pourrait accoler ainsi 22 fours en un seul groupe et laisser 10 mètres de terrain à chaque extrémité, pour la circulation des Emplacement.

grosses voitures amenant la houille. L'étendue du terrain occupé par les fours et les dépôts de charbon serait donc de $90^{m},84$ de longueur sur $55^{m},24$ de largeur, ou 5.018 mètres carrés, soit enfin 228 mètres carrés de superficie pour chaque four. A Maubeuge, la quantité de remblais nécessaire pour chacun de ces grands fours à deux portes a été à peu près double de celle exécutée pour chacun des fours à une porte, mais la dépense a été à peu près nulle, car ces remblais ont été faits presque en totalité avec des laitiers du haut-fourneau.

Les outils et accessoires employés pour le service des six fours à deux portes que je viens de décrire sont :

Outils et accessoires.

	fr.
1° Une brouette de la contenance d'un hectolitre pour amener la houille au pied du four et la mesurer en même temps, valeur.	12,00
2° Deux pelles ordinaires en fer pesant ensemble 5 kil. et valant avec leurs manches en bois.	6,30
3° Une pioche (*fig.* 19 et 20, *Pl. I*), du poids de 2,5 kil. avec un manche en bois de $2^{m},50$ de long, valeur.	3,40
4° Un seau en bois et ferré pour puiser l'eau et éteindre le coke.	6,00
5° Une pelle-grille (*fig.* 22, *Pl. I*), pour charger le coke dans les wagons, le fer pesant 5 kilog. valeur.	5,50
6° Un râteau en bois pour séparer les plus gros fragments de coke des cendres.	2,00
7° Un tamis en osier pour passer les cendres et en séparer les escarbilles. . .	0,75
A reporter. . . .	35,95

	fr.
Report. . . .	35,95
8° Six barres de fer plat $y'y$ (*fig.* 2, *Pl. II*), dont les extrémités sont représentées *fig.* 26 à 29. Ces barres ayant 5 mètres de longueur, pèsent ensemble 262 kil., qui, à raison de 0fr.,70 l'un, valent ensemble.	173,40
On place une de ces barres sur l'axe de la sole de chacun des fours avant le chargement de la houille, et elle y demeure jusqu'à la fin de la carbonisation. Alors elle sert à retirer le coke au moyen du râteau n° 10, que l'on peut en outre saisir avec les deux barres de fer rond dont le détail est indiqué n° 9.	
9° Deux barres de fer rond de 0m,02 de diamètre et 5 mètres de longueur, pour tirer le râteau par les deux oreilles supérieures. L'une des extrémités de ces barres se termine par un anneau qui reçoit un des crochets de la chaîne n° 11, l'autre par une partie cylindrique, percée d'un trou pour recevoir une clavette, et accrocher l'une des oreilles du râteau n° 10. Ces deux barres, pesant 27 kil., valent.	18,90
10° Un rateau en fer (*fig.* 21 et 22, *Pl. II*). Le contour de ce rateau est en fer plat de 0m,06 sur 0m,02. Les montants sont en fer rond de 0m,02 de diamètre. Le poids est de 70 kil., valeur.	70,00
11° Une chaîne *ll* (*fig.* 24, *Pl. II*) de 33 mètres de longueur, en fer rond de 0,015 de diamètre, et terminée par trois	
A reporter. . . .	298,25

	fr.
Report. . . .	298,25
crochets qui permettent de saisir à la fois la barre plate placée sur la sole du four, et les deux barres de fer rond placées sur le coke.	
12° Une poulie en fonte de 0m,40 de diamètre, et du poids de 35 kil., pour changer la direction de la chaîne *ll*. La garniture en fer de cette poulie pesant 8 kil., la valeur totale est de.	20,60
13° Un cabestan représenté en plan (*fig.* 24, *Pl. II*), et en coupe verticale (*fig.* 25).	»
Total.	318,85

Ce cabestan se compose d'un arbre en bois de chêne *r*, de 0m,35 de diamètre, placé verticalement et reposant sur un pivot engagé dans un arbre inférieur *t*.

Cet arbre inférieur présente une section carrée. Il est engagé fortement dans le sol et entouré de maçonnerie, comme ayant servi à l'établissement d'un manége à broyer le mortier, pendant la construction de l'usine. Il n'a pas été placé spécialement pour le cabestan. Seulement on a exhaussé jusqu'au niveau du sol remblayé de l'usine, la maçonnerie annulaire *m*, que l'on a maintenue à une distance de 0m,03 de l'arbre du cabestan pour ne pas gêner le mouvement de rotation.

La cavité de l'arbre du cabestan qui porte sur le tourillon est garnie intérieurement d'un dé en fer, qui rend le mouvement de rotation plus facile; elle est également entourée d'une virole en fer.

Le tourillon de l'arbre du cabestan a 0m,04 de diamètre, et 0m,40 de longueur. Le dé qui le supporte a 0m,05 de côté, et la virole a 0m,015 d'é-

paisseur, comme les frettes qui garnissent les deux bouts de l'arbre du cabestan et la tête de l'arbre inférieur.

Au niveau du sol remblayé de l'usine, l'arbre du cabestan est entouré d'un cercle en fer plat de $0^m,06$, sur $0^m,015$, tournant dans un collet de même nature. Ce collet est maintenu par des pièces horizontales de $0^m,20$ d'équarrissage, assemblées à mi-bois et fixées par des pieux *u* de $1^m,75$ de fiche.

Le mouvement de rotation est communiqué à l'arbre du cabestan à l'aide de leviers de $3^m,50$ de longueur.

La chaîne *l* qui tire le râteau pour défourner le coke, s'enroule sur la partie de l'arbre du cabestan voisine du sol. Pour lui donner la direction de l'axe du four dont on veut retirer le coke, on la fait passer sur la poulie en fonte *o* attachée au niveau du sol et à la partie supérieure d'un pieu *a* de $0^m,20$ de diamètre et $1^m,75$ de fiche. Ce pieu porte à sa partie supérieure une frette qui l'empêche de se fendre. Il est traversé par un boulon retenu à l'extérieur par un écrou et terminé du côté du four par un crochet auquel on attache momentanément la poulie que l'on porte successivement devant chacun des six fours.

Chacun des pieux doit être placé avec beaucoup de soin, et de telle sorte que la chaîne tendue sur la poulie se trouve exactement dans le prolongement de l'axe du four auquel il correspond, afin que le râteau n'accroche pas la maçonnerie. Il faut d'ailleurs disposer ces pieux de telle sorte que la chaîne passant sur la poulie fixée à l'un d'eux ne rencontre pas les autres.

Je ne donnerai pas ici le détail des quantités de matériaux de chaque sorte qui entrent dans la

composition de ce cabestan; nulle part on n'en construira un semblable. Si je l'ai établi à Maubeuge, c'est que j'avais à ma disposition presque toutes les pièces. Dans une usine où l'on voudrait établir un seul four d'expérience, on pourrait construire un appareil beaucoup plus simple, si on n'avait pas à sa disposition une grue ou un petit treuil portatif.

Si l'on voulait établir les 22 fours nécessaires pour le service d'un haut-fourneau consommant par jour de 25 à 30.000 kil. de coke, il conviendrait de disposer le cabestan de telle sorte qu'il pût être manœuvré par un cheval.

État des matériaux de chaque sorte entrant dans la composition d'un four.

Je ne donnerai pas ici le détail des sommes dépensées à Maubeuge pour la construction des fours à deux portes; mais je vais indiquer les éléments au moyen desquels on pourra calculer le prix de revient de fours semblables, ou autres, dans une localité quelconque, lorsque l'on connaîtra le prix des matières premières et de la main-d'œuvre dans cette localité. Pour les sous-détails, on consultera ce que j'ai dit relativement aux fours français à une porte.

1° Maçonnerie de moellons bruts ou briques de mauvaise qualité avec mortier de chaux grasse et de sable.

	mèt. c.
Massif supportant les piédroits.	8,88
Piédroits jusqu'à la naissance inclinée de la voûte des fondations.	9,24
Remplissage entre la voûte qui réunit les piédroits des fondations et la sole du four.	13,63
Remplissage au-dessus de la voûte du four. . . .	4,50
0,10 de la maçonnerie supplémentaire à ajouter à	
A reporter. . . .	36,25

Report. . . .	36,25
la fin de chaque massif ou groupe de fours, pour porter l'épaisseur à $1^m,00$ à partir de l'intérieur du four et en suivant le plan de la sole perpendiculairement au grand axe du four.	0,97
Base du pavé devant la porte d'enfournement. .	1,00
Total de la maçonnerie n° 1 pour un four (1).	38,22

2° Maçonnerie en briques de choix avec mortier de chaux grasse et de sable.

	mèt. c.
Voûte réunissant les piédroits des fondations (2).	5,24
Enveloppe des canaux d'aérage et remplissage entre les piédroits de deux fours contigus.	1,30
Pavé devant la porte de défournement.	0,60
Total de la maçonnerie n° 2 pour un four.	7,14

3° Maçonnerie en briques réfractaires avec mortier réfractaire de sable argileux.

	mèt. c.
Sole du four.	1,88
Piédroits du four.	1,21
Voûte du four.	3,18
Cheminée.	0,41
Garniture de deux portes. . . .	0,07
Total de la maçonnerie réfractaire pour un four.	6,75

4° Chappe en mortier de bonne qualité, recouvrant la partie supérieure des fours sur une épaisseur de $0^m,03$. . . . . 17 mètres quarrés.

(1) Dans le cas où l'on aurait à construire sur un terrain solide, on pourrait suivre le mode de fondation indiqué (*fig.* 6 *bis*) et analogue à celui adopté à Decazeville pour les fours à une porte. Le cube de la maçonnerie n° 1 serait alors réduit à $12^m,24$.

(2) Dans le cas de la note précédente cette voûte n'existerait pas et le cube de la maçonnerie n° 2 serait réduit à $1^m,90$.

5° Fers pour ancrages.

	kil.
Quatre barres de fer d'ancrage de 0m,04 sur 0m,011 pour relier les deux châssis du four et consolider la maçonnerie.	71,00
Quatre barres de fer rond pour assujettir les crics.	16,00
Total des fers d'ancrage pour un four . .	87,00

6° Fers ouvrés de choix (1).

	kil.
Deux manivelles, deux crochets, deux roues à rochet, quatre joues de cric, quatre boulons pour fixer le cric sur son support	15,00
Dix boulons pour fixer les supports des crics sur les châssis et les crémaillères aux portes. . . .	2,00
Total des fers n° 6. .	17,00

7° Fers ouvrés ordinaires.

Deux portes en fer. . . . . 172kil.

8° Fontes moulées.

	kil.
Deux châssis en fonte garnissant l'ouverture des portes.	1.074,00
Quatre plaques d'ancrage.	176,00
Deux supports de cric.	44,00
Deux crémaillères.	30,00
Deux pignons.	5,00
Deux plaques de fonte garnissant le sol sous la porte d'enfournement. . . .	380,00
0,33 d'un bac en fonte pour recevoir l'eau destinée à l'extinction du coke.	63,00
Total de la fonte moulée pour un four.	1.772,00

9° Plomb.

Tuyaux pour amener l'eau nécessaire à l'extinction du coke. . . . . 40kil.

(1) Ces fers ouvrés de choix ne peuvent pas être évalués moyennement à moins de 2 fr. le kil.

10° Terrain.

Emplacement du four et de ses dépendances. . 228$^{m.q.}$

11° Déblais pour fondations. . . . . 9$^{m.c.}$,17

12° Remblais. 234$^{m.c.}$,00

13° Outils.

0,17 des outils dont le détail a été donné précédemment.

14° Frais généraux de gérance, de comptabilité, de conduite et de surveillance des travaux à raison de 6 p. 0/0 de la somme dépensée.

Exploitation des fours à deux portes.

Les précautions à prendre pour la construction et la mise à feu des fours à deux portes sont les mêmes que celles à observer pour les fours à une porte. Avant de charger pour coke, il faut entretenir, pendant deux ou trois jours, un feu de grosse houille, en ayant soin de ne laisser arriver dans le four que la quantité d'air nécessaire pour la combustion.

Le séchage et la mise à feu d'un four neuf semblable à ceux que je viens de décrire donnent lieu à une consommation d'environ 35 hectolitres de houille, y compris l'excédant de déchet qui a lieu dans la première semaine.

Lorsqu'un four a déjà servi, et qu'il faut seulement le réchauffer, la consommation de houille nécessaire pour le remettre en pleine activité est de 15 hectolitres environ.

A Maubeuge, le service des six fours à coke à deux portes occupait entièrement trois ouvriers qui étaient aidés, lors du défournement, par les deux manœuvres occupés aux travaux accessoires

de la carbonisation, ainsi que je l'ai dit en parlant des fours à une porte.

Lorsqu'un four est en état d'être chargé, deux ouvriers prennent la barre de fer plat $y'y$ (*fig.* 2, *Pl. II*), l'introduisent par la porte d'enfournement, et la placent avec beaucoup de soin sur l'axe même de la sole du four. Pour faciliter ce travail et en assurer l'exactitude, qui est d'une haute importance, il est bon de tracer des repères bien visibles sur la partie horizontale et inférieure des deux châssis en fonte. Si la barre n'était pas bien placée suivant l'axe du four, le râteau de défournement accrocherait les piédroits et entraînerait la maçonnerie.

Le chargement des 4 cinquièmes environ de la houille se fait par la porte la plus étroite et la plus élevée, que l'on nomme pour cela porte d'enfournement.

Un ouvrier amène la houille avec une brouette et la verse sur les plaques de fonte placées à cet effet sur le sol. Le second ouvrier reprend la houille sur cette plaque, et la jette, avec une pelle ordinaire, dans le four, en mettant de préférence les gros morceaux en contact avec la sole.

Après avoir rempli les 4 cinquièmes du four par la porte d'enfournement, et égalisé, avec un râble, la partie supérieure de la houille, l'ouvrier monte sur le four, abaisse cette porte, en manœuvrant de chaque main une des manivelles du cric, et soulève ensuite la grande porte, par laquelle il introduit de même la dernière partie du chargement. Jamais les deux portes du four ne doivent être ouvertes à la fois; cela donnerait lieu à un grand courant d'air qui refroidirait de suite tout l'intérieur; il faut même avoir soin de ne laisser cha-

que porte ouverte que pendant peu de temps.

En chargeant 27 hectolitres de houille dans un four, on peut défourner chaque jour à la même heure. Sous le rapport de la qualité du coke et du rendement de la houille, on ne trouve aucun avantage à faire des charges de 35 hectolitres ou plus. Avec ces fortes charges, on n'obtient jamais en 48 heures le double du coke que l'on peut avoir en 24 heures avec des charges plus petites. La quantité de 27 hectolitres n'est d'ailleurs pas une limite extrême; on peut, lorsqu'on est pressé, porter la charge à 30 hectolitres pour 24 heures.

Les grandes charges ont en outre l'inconvénient de refroidir notablement la sole du four. On peut néanmoins y avoir recours lorsque la consommation du coke diminuant momentanément, on veut ralentir la production en conséquence et éviter l'emmagasinage, qui occasionne toujours de grandes pertes. Il est bon de ne pas faire un grand nombre de fortes charges, les unes après les autres, sans interruption.

Lorsque le chargement est terminé, la houille ne tarde pas à s'enflammer. Les gaz se dégagent par la cheminée mélangés d'abord de beaucoup de fumée; quelques heures après il n'y a plus que de la flamme. Si l'enfournement a eu lieu le matin, dès le soir la flamme même s'affaiblit, et on peut diminuer la quantité d'air qui pénètre dans le four en lutant les joints des portes et fermant en partie l'entrée des canaux d'aérage.

Le lendemain matin il ne se dégage plus de gaz; c'est le moment de défourner.

L'un des ouvriers soulève, à l'aide du cric à double manivelle, la porte d'enfournement; les deux autres placent le râteau de champ (*fig.* 20 et 21,

Pl. II), en introduisant l'extrémité y' de la barre de fer plat $y'y$ dans l'oreille inférieure du râteau, où ils la fixent avec une clavette de fer verticale. Par-dessus la houille, ils placent les deux barres de fer rond $z\,z'$, dont ils fixent également avec des clavettes verticales les extrémités z' dans les deux oreilles supérieures du râteau. Les ouvriers baissent alors promptement cette première porte, et, après avoir soulevé celle de défournement, ils saisissent les anneaux qui terminent les trois barres de fer avec trois crochets que porte à son extrémité la chaîne du cabestan (1).

Quatre hommes impriment alors un mouvement de rotation au cabestan, à l'aide des leviers, et ils font avancer tout le coke hors du four jusqu'à 1^m^,50 en avant de la porte de défournement. L'effort nécessaire pour tirer le coke est considérable d'abord, mais le mouvement une fois commencé se continue facilement.

Dès que le coke est sorti, on jette quelques morceaux de grosse houille dans le four, et l'ouvrier qui était demeuré, à cet effet, près du cric, baisse immédiatement la porte. La houille s'enflamme et empêche le four de se refroidir.

Le troisième ouvrier est chargé spécialement d'éteindre le coke. Pour cela, il divise les plus gros

---

(1) A Maubeuge on a fait marcher les fours pendant 3 mois en employant la barre rectangulaire $x\ y$ seule et il n'est arrivé aucun accident. Comme le placement des deux barres rondes zz' retarde l'opération, on peut ne les employer que lorsqu'on a à craindre la rupture de la barre inférieure. Si on en a fait usage dans d'autres établissements c'est peut-être parce que les fours avaient plus de largeur et présentaient plus de résistance lors du défournement.

morceaux à l'aide de la pioche (*fig.* 19 et 20, *Pl. I*), et jette de l'eau dessus.

Le coke provenant des fours à deux portes et à défournement instantané est en plus gros morceaux que celui des fours à une porte. Il présente des angles plus vifs, et, dans les magasins mêmes, à son aspect seul, on le distingue de l'autre, avec lequel il est mélangé.

A Maubeuge, en opérant dans les fours à une porte, on obtenait moyennement en coke 58 p. o/o de la houille employée, tandis que dans les fours à deux portes la même houille rendait 59 à 60 p. o/o en coke convenable pour le haut-fourneau. Ce dernier coke, il est vrai, présentait une petite quantité de houille non carbonisée dans la partie adhérente à la sole du four (1); mais je ne pense pas que l'on doive évaluer à moins de 1 p. o/o de la houille employée, l'excès de rendement en coke des fours à deux portes. Cette augmentation provient principalement de ce qu'il ne reste pas d'escarbilles dans les cendres de ces fours, le coke ne se brisant pas, tandis que les cendres des fours à une porte en contiennent notablement.

---

(1) La sole des fours à une porte étant toujours froide, il serait utile de tasser en dessous de la maçonnerie des cendres de coke qui étant peu conductrices empêcheraient la déperdition de la chaleur à la partie inférieure.

Détails des frais de fabrication du coke pendant un jour dans six fours à une porte et à défournement instantané.

	fr.
Trois journées d'ouvriers calcineurs à 1fr. 87. . .	5,61
0,50 journée de manœuvre pour enlever les cendres de devant les fours et aider les calcineurs à tourner le cabestan.	0,75
Réparation de la maçonnerie ainsi que des garnitures des fours (1).	8,00
Intérêt à 5 p. 0/0 l'an de la valeur de six fours évalués ensemble 10.000 fr. y compris les outils; soit pour un jour.	1,37
Frais du surveillance et de bureau à raison de 1.200 fr. par an pour tous les fours de l'usine; soit pour les six grands fours pendant un jour.	0,90
Entretien journalier des outils proprement dits et comprenant les barres de fer qui restent dans les fours pendant la carbonisation.	0,75
Total des frais de carbonisation pendant un jour.	17,38

La charge totale des six fours est de 14.094 kil. de houille à raison de 27 hectolitres par four, l'hectolitre pesant 87 kil.

Le produit est de 8315 kil. de coke à raison de 0,59 de la houille employée.

Les frais peuvent donc être répartis ainsi qu'il suit pour 1.000 kil. de coke :

	fr.
Main-d'œuvre proprement dite.	0,76
Entretien, intérêts de fonds et frais de surveillance.	1,33
Total des frais par 1.000 kil. de coke. .	2,09

(1) Je ne puis indiquer qu'approximativement les frais de réparation des fours; je n'ai pas suivi ce genre de fabrication assez longtemps pour donner des chiffres précis, mais je crois ne pas avoir exagéré la dépense.

En comparant ces frais à ceux concernant les fours à une porte, on trouve que, pour les fours à deux portes, la diminution de la main-d'œuvre est plus que compensée, à Maubeuge, par les frais d'entretien des fours. C'est en effet la difficulté de l'entretien de ces fours à cabestan qui a fait renoncer à leur emploi à Decazeville; mais, si d'une part on remarque que dans cette usine les fours avaient en largeur 0m,50 de plus que ceux de Maubeuge, et que par cela même les accidents devaient être plus fréquents et plus graves; que la houille, et par conséquent le coke, y sont à très-bas prix, car les frais de fabrication sont toujours peu importants relativement à la valeur du combustible; si, d'un autre côté, on observe que dans les fours à deux portes on obtient du coke en plus gros morceaux, et, par cela même, un rendement plus fort pour le haut-fourneau; on reconnaîtra qu'il y a lieu d'essayer l'emploi des fours à cabestan dans les localités où le prix de la houille est un peu élevé, et lorsque ce combustible n'exige pas, par sa nature, une haute température pour s'enflammer dans le four.

Je ne crois pas que la petite couche de houille qui reste non carbonisée et adhérente au coke immédiatement en contact avec la sole du four puisse avoir une influence fâcheuse sur l'allure d'un haut-fourneau. Autrefois on rejetait tous les fumerons ou morceaux de bois incomplétement carbonisés qui se trouvaient mélangés dans le charbon destiné aux hauts-fourneaux : il n'en est plus de même aujourd'hui, et, ce qui a lieu généralement pour le bois pourrait bien se faire aussi pour la houille.

Je pense donc que l'on peut avec avantage em-

ployer, dans certaines localités, les fours à deux portes et à défournement instantané, mais qu'il faut ne les appliquer qu'à des houilles qui s'enflamment facilement, et ne pas leur donner des dimensions plus grandes que celles qui sont indiquées *Pl. II*; car, plus les appareils avec lesquels on opère sont grands, plus les accidents sont graves.

Si on voulait expérimenter dans une usine ce genre de fours à deux portes, il conviendrait d'en construire un sans grands châssis de fonte aux deux extrémités, de garnir seulement ces grandes ouvertures avec de grosses briques provenant de la démolition des chemises de hauts-fourneaux ou restées sans emploi, lors de leur construction, par suite de quelques petites défectuosités. On taillerait et on maçonnerait ces briques avec soin. Il serait facile de disposer les portes de telle sorte qu'on pût les soulever avec un levier.

APPENDICE.

Presque partout on a abandonné le mode de carbonisation en plein air comme donnant lieu à un trop grand déchet en combustible et un produit inégalement carbonisé. Néanmoins on suit encore cette méthode dans un petit nombre de localités où la houille est à très-bas prix. Telle est la situation des mines de la Grand-Combe (Gard).

Le mode usité dans cette dernière localité différant un peu de celui décrit par M. Nailly (*Annales des Mines*, 3e série, t. 10, p. 58), sous la désignation de méthode entre murs, je vais en dire quelques mots bien que je ne puisse donner aucun renseignement numérique exact (*fig.* 36 à 40, *Pl. II*).

La houille à carboniser est de la houille collante et menue que l'on humecte et que l'on tasse par couches successives entre trois murs comprenant un espace rectangulaire d'environ 2 mètres de largeur, 3 mètres de longueur et 1m,20 de hauteur. Les murs ont environ 0m,70 d'épaisseur.

La muraille *ab* (*fig.* 36, *Pl. II*) est percée à sa partie inférieure de trois ouvertures rectangulaires d'environ 0m,15 de côté. Les murailles sont faites en terre et en grès houiller de la localité. Le sol est pavé avec les mêmes matériaux.

Avant de commencer le chargement de la houille on dispose horizontalement sur la sole trois pièces de bois taillées en tronc de cône dont les grandes bases *e*,*f*,*g* (*fig.* 37) diffèrent peu des petites. On jette ensuite de la houille menue et humectée de manière à recouvrir les trois pièces de bois, en ayant soin de la tasser par couches successives à l'aide d'une dame en bois (*fig.* 40).

On remplit ainsi tout l'espace rectangulaire compris entre les murs, en ayant soin de placer verticalement sur chaque pièce de bois horizontale, deux autres pièces coniques dont la plus grande base est en haut. Lorsque tout l'espace est rempli de houille bien tassée on retire les bois à l'aide d'anneaux en fer fixés aux parties qui restent en dehors, on établit contre la face du massif de houille *c d* (*fig.* 38) restée jusqu'alors découverte, une muraille verticale en pierres sèches ou enduites simplement d'un peu de terre. On allume le feu avec un peu de bois et de la houille

en morceaux que l'on introduit dans les ouvreaux. C'est par le moyen de ces ouvreaux que l'on régularise la carbonisation. Lorsque l'opération est terminée on démonte la muraille antérieure *cd*, on arrache le coke avec des râbles et on l'arrose pour l'éteindre.

Il est à croire que l'on obtiendrait des résultats meilleurs sous tous les rapports en employant des fours convenablement construits.

Les fours couverts que je viens de décrire ne sont pas les seuls employés pour la fabrication du coke. Dans l'usine de Seraing, près Liége (Belgique) exploitée par feu M. Cockerill, j'ai vu employer, en 1839, des fours à deux portes opposées, dits fours anglais et d'où l'on retirait le coke avec des pelles à main. On peut s'en faire une idée en supposant que, dans deux des fours à une porte et adossés, décrits précédemment, on prolonge la sole sur tout le rectangle qui aurait pour côtés opposés les petits axes de ces fours et que l'on recouvre cet espace d'une voûte cylindrique surbaissée.

Je ne crois pas que ces fours soient avantageux. Le défournement du coke y dure trop longtemps et les refroidit beaucoup. Je dois ajouter que je ne possède aucun renseignement précis à leur égard. Je signalerai seulement, aux personnes qui voudraient en faire l'expérience, l'ouvrage de MM. Walter et Leblanc déjà cité en tête du présent article, et dans lequel on trouve la description de fours analogues.

EXPLICATION DE L'ATLAS DES PLANCHES.

PLANCHE PREMIÈRE.

FIGURES 1 A 22.

Fours à coke dits fours français, établis à Maubeuge (Nord).

Fig. 1. Plan au niveau de la sole de deux fours accolés et adossés, pris au milieu d'un groupe.

Fig. 2. Coupe verticale des mêmes fours suivant la ligne GH du plan *fig.* 1.

Fig. 3. Coupe verticale des mêmes fours suivant la ligne EF du même plan *fig.* 1.

Fig. 4. Élévation des façades G ou H de la *fig.* 1.

Fig. 5. Plan de la partie supérieure des deux mêmes fours.

Fig. 6. Élévation du châssis en fonte qui sert à fixer la porte du four.

Fig. 7 et 8. Élévation et projection horizontale de la porte en fonte représentée sans ses garnitures.

Fig. 9. Extrémité d'une des barres de fer d'ancrage employées pour maintenir les maçonneries au moyen des plaques de fonte représentées *fig.* 10.

Fig. 10. Plaques d'ancrage appliquées de chaque côté des portes et sur les faces opposées des fours pour maintenir la maçonnerie et les châssis en fonte (*fig.* 6) au moyen des barres de fer (*fig.* 9) qui traversent toute la maçonnerie et portent un écrou à chacune de leurs extrémités.

Fig. 11. Extrémité d'une des barres de fer plat placées horizontalement dans l'intérieur de la maçonnerie des cheminées pour la maintenir au moyen des barres verticales (*fig.* 12).

(*Placer cette explication après la feuille* 4.)

Fig. 12. Barres de fer carré placées verticalement pour maintenir les cheminées en traversant les barres horizontales (*fig.* 11).

Fig. 13. Pelle ordinaire en fer employée pour charger la houille dans les fours.

Fig. 14. Ringard en fer octogone employé pour soulever et diviser le coke dans les fours quelque temps avant le défournement.

Fig. 15 et 16. Grande pelle en fer employée pour retirer du four les gros morceaux de coke (vue de face et de profil).

Fig. 17 et 18. Rable en fer employé pour égaliser la houille dans les fours et retirer de ces fours les menus fragments de coke.

Fig. 19 et 20. Pioche en fer aciéré employée pour diviser le coke à sa sortie du four et en faciliter l'extinction (vue de face et de profil).

Fig. 21 et 21 *bis*. Élévation et plan du tamis en osier employé pour séparer les fragments de coke mêlés aux cendres retirées des fours.

Fig. 22. Pelle-grille employée pour charger le coke dans les wagons. Le même numéro représente un barreau isolé de cette pelle-grille (vue de face et de profil).

Fig. 2, 3 et 4.

YY, argile jaunâtre, dure, imperméable, en couche de $1^m,40$ d'épaisseur, reposant sur des sables et graviers vaseux imprégnés d'eau (alluvion ancienne de la Sambre). Cette argile sert de base à toutes les constructions de l'usine, dont aucune n'est lézardée.

XX, sol naturel de la prairie avant l'établissement de l'usine.

TT, sol remblayé de l'usine après son entier achèvement.

xx, piédroits des fondations.

vv, voûtes en briques ordinaires réunissant les piédroits *xx*, et disposées de telle sorte que le remplissage de leurs reins constitue une plate-forme sur laquelle sont établis les

fours proprement dits. La *fig*. 3 représente une de ces voûtes encore cintrée.

Fig. 1, 3 et 4.

dd, conduits par lesquels l'air extérieur est amené dans les fours, où il pénètre par les ouvreaux *aa*.

Fig. 1, 2 et 3.

aa, ouvreaux par lesquels l'air amené par les conduits *dd* pénètre dans les fours.

hh, conduits dans lesquels sont placées les barres de fer, dont une extrémité est représentée *fig*. 9, et qui, en reliant les plaques *mm* (*fig*. 1, 2 et 4) placées sur les faces opposées et de chaque côté des portes des fours, servent à maintenir la maçonnerie et les châssis qui garnissent les portes.

Fig. 2, 3 et 4.

gg, cheminées saillantes anerées au moyen des barres de fer représentées *fig*. 11 et 12.

Fig. 2 et 3.

bb, voûte elliptique en briques réfractaires recouvrant la sole du four proprement dite. La *fig*. 2 représente une de ces voûtes encore cintrée.

Fig. 2 et 4.

cc, voûte cylindrique recouvrant la partie de la sole voisine de la porte.

Fig. 1 et 2.

G, plaque de fonte sur laquelle on verse la houille, que l'on reprend ensuite avec la pelle (*fig*. 13) pour la charger dans le four.

FIGURE 23.

Disposition générale de l'usine à fer de Maubeuge.

AA, hauts-fourneaux au coke.

BB, bâtiment renfermant les deux machines à vapeur et les deux machines soufflantes.

C,C,C, chaudières à vapeur au nombre de six.

DD, cheminées.

E, plan incliné servant à élever les matières au gueulard.

G, bâtiment servant à abriter les minerais, le combustible et les ouvriers pendant le chargement des wagons.

H, groupe de fours à coke à deux portes détaillés *Planche II*.

K, deux groupes de fours à coke à une porte.

r, bacs en fonte recevant l'eau destinée à l'extinction du coke.

ee, deux tuyaux en plomb communiquant directement avec chacun des bacs *r*.

d, tuyau en plomb prenant l'eau dans la bâche du condenseur de la machine à vapeur pour la conduire aux deux tuyaux *ee*.

ff, deux tuyaux en plomb pour écouler le trop plein des deux bacs *r* qui se trouvent en aval de tous les autres.

FIGURES 24 à 29.

Disposition des fours à coke à Decazeville (Aveyron).

Fig. 24. Plan au niveau de la sole d'un four placé à l'extrémité d'un groupe composé de fours simplement accolés, mais non adossés les uns aux autres.

Fig. 25. Coupe verticale suivant la ligne CD de la *fig*. 24, mais pour un four placé dans l'intérieur d'un groupe.

Fig. 26. Coupe verticale suivant la ligne AB du même plan.

Fig. 27. Élévation de la façade A du plan *fig*. 24.

Fig. 28 et 29. Porte en fer avec remplissage de briques (vue de face et de profil).

Fig. 24 et 26.

A, sol de l'usine en avant des fours à coke, au niveau du gueulard, et sur lequel est établi un chemin de fer pour la conduite du coke retiré des fours.

B, sol de l'usine derrière les fours à coke. Ce sol est un peu élevé au-dessus des ouvertures des cheminées. Il reçoit les dépôts de houille

amenés par un chemin de fer partant des mines et aboutissant à ce niveau.

Fig. 25 et 26.

MM, sol remblayé depuis plusieurs années.

aa, murs à base elliptique comme la sole du four dont ils forment les fondations.

bb, cavité cylindrique, et à base elliptique, remplie de débris de pierres et d'un peu de terre fortement tassés.

Fig. 27 à 29.

e, porte du four.

Fig. 27.

P, *f*, *d*, levier dont le centre est en *f* et qui sert à soulever la porte *e*.

Q, tige en fer, à laquelle on accroche l'extrémité P du levier P, *f*, *d*, pour tenir la porte soulevée pendant le défournement.

Fig. 24, 26 et 27.

nn, plaque de fonte garnissant le bas de l'embrasure, dans laquelle la porte du four se meut verticalement.

Fig. 25, 26 et 27.

g, cheminée circulaire et sans saillie, par laquelle se fait l'enfournement de la houille et par laquelle s'échappe le gaz pendant la carbonisation.

hh, barres de fer verticales servant à ancrer la maçonnerie intérieurement, conjointement avec les barres horizontales *ll*.

ll, barres de fer horizontales servant à ancrer la maçonnerie intérieurement, conjointement avec les barres verticales *hh*.

PLANCHE II.

Figures 1 a 29.

Fours à coke à deux portes de Maubeuge.

Fig. 1. Projection horizontale d'un four complet, muni de ses deux portes et des plaques de fonte sur les-

quelles on dépose momentanément la houille qui doit être chargée dans les fours.

Fig. 2. Coupe d'un four par le plan incliné de la naissance de la voûte RS (*fig.* 4). Les portes du four sont enlevées, mais les châssis de fonte qui garnissent les ouvertures et les plaques qui les soutiennent sont en place, ainsi que le râteau disposé pour le défournement du coke.

Fig. 3. Coupe d'un four par le plan incliné de la sole même du four. Les portes sont enlevées.

Fig. 4. Coupe verticale suivant la ligne AA′ de la *fig.* 1.

Fig. 5. Élévation de la façade de défournement A′ du four représenté en plan (*fig.* 1). Les fondations sont représentées dans toute leur hauteur. Le cintre qui a servi à construire la voûte de ces fondations est en place, ainsi que la porte de défournement, le cric employé à soulever cette porte, et les barres de fer K qui le maintiennent.

Fig. 6. Coupe verticale suivant la ligne MM de la *fig.* 1 d'un four et de ses fondations. Les portes sont supprimées. Pour simplifier le dessin, on a supprimé également la partie postérieure de la sole du four qui devrait être représentée comme étant inclinée vers la porte de défournement, et aussi comme étant plus étroite que la partie antérieure.

Fig. 6 *bis*. Coupe d'un four de même espèce que ceux formant l'objet de la présente description, mais avec des fondations analogues à celles des fours de Decazeville représentés *fig.* 36 et 35 de la *Planche I*, et telle qu'on devrait les construire dans un emplacement où l'on n'aurait pas à remblayer.

Fig. 7. Élévation de la façade d'enfournement A du plan *fig.* 1. Les fondations sont représentées jusqu'au terrain solide. L'ouverture de la porte d'enfournement est garnie de son châssis, des plaques de fonte *g* qui maintiennent ce châssis, du support du cric et des barres de fer qui le consolident; mais la porte même est supprimée, ainsi que la crémaillère, le pignon et la manivelle du cric qui sert à soulever cette porte.

ANNONCES

D'ouvrages nouveaux relatifs aux sciences et aux arts qui se rapportent à l'exploitation des mines et usines.

FRANCE.

JUILLET — AOUT 1841.

ANALYSE RAISONNÉE des travaux de Georges Cuvier, précédée de son éloge par Flourens. In-12 de 12 feuilles 1/4. Impr. de Schneider. — A Paris, chez Paulin, rue de Seine, n° 33. Prix. . . . . 3 fr. 50 c.

MONDOT DE LAGORCE. Essai d'un code de l'administration des ponts et chaussées, des chemins vicinaux et des cours d'eau, n° 5 (bateaux à vapeur). In-8° de 8 f. 3/4. Impr. de Boursy fils, à Lyon. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Vve Dalmont, quai des Augustins, n°s 39 et 41. Prix de l'ouvrage. . . . . 10 fr.

ACADÉMIE DES SCIENCES. Rapport sur plusieurs mémoires concernant l'emploi du procédé de Marsh dans les recherches de médecine légale. In-4° de 4 feuilles 1/2. Impr. de Bachelier, à Paris.

M. J. DUROCHER (Recherches sur les roches et les minéraux des îles Féroë : Thèse de chimie présentée par). In-8° de 3 feuilles 1/2, plus une pl. Impr. de Fain, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Vve Dalmont, quai des Augustins, n°s 39 et 41.

PAUL-LAURENT. Mémoire sur la poussée des voûtes. In-8° de 2 feuilles. Impr. de Grimblot, à Nancy. — Nancy, Grimblot.

M. F. Vallès. Études philosophiques sur la science du calcul. 1re partie. In-8° de 20 feuilles 3/4. Impr. de Locquin, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Vor Dalmont, quai des Augustins, nos 39 et 41. Prix. . . . . 5 fr.

Cours élémentaires d'histoire naturelle; par MM. F.-S. Beudant, A. de Jussieu et Milne Edwards; minéralogie; géologie, par M. F.-S. Beudant. In-12 de 13 feuilles 1/3. Impr. de Béthune, à Paris. — A Paris, chez Langlois et Leclercq, rue de la Harpe, n° 81; chez Fortin et Masson. Prix de chaque partie. . . . 3 fr.

J. Adhémar. Traité du charpentier. Livraisons 1 et 2. Un seul cahier in-8° d'une feuille. Impr. de Fain, à Paris.

E. Mougel et A. Mouchelet. Mécanique des travaux publics, ou application de la vapeur et des machines les plus modernes à la construction des édifices, chemins de fer, portes, canaux, etc., dessinée et publiée avec les détails nécessaires à la construction. Livraisons 1 et 2. Deux cahiers in-folio ensemble de 2 feuilles, plus 12 planches. Impr. de Lacrampe, à Paris. — A Paris, chez Rousseau, rue Quincampoix, n° 8; chez Carilian-Gœury et Dalmont, quai des Augustins, nos 39 et 41; chez Mathias.

M. L. Am. Sédillot. Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes. In-4° de 29 feuilles 1/2, plus 36 pl. Impr. royale, à Paris.

Extrait du tome 1er des Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des inscriptions et belles-lettres.

Arthur Morin. Notice sur divers appareils dynamométriques propres à mesurer le travail ou l'effort développé par les moteurs, animés ou inanimés, ou consommés par les machines de rotation, ainsi que la tension de la vapeur dans le cylindre des machines à vapeur à toutes les positions du piston. 2e édition; in-8° de 5 feuilles 1/4, plus 5 pl. Impr. de Crapelet, à Paris. — A Paris, chez Mathias (Augustin), quai Malaquais, n° 15. Prix. . . . . 4 fr. 50 c.

M. E. Dubois de Niermont. Organisation, compétence, jurisprudence et procédure des conseils de préfecture,

d'après les lois, les règlemens d'administration publique et la jurisprudence du conseil d'état. In-8o de 34 feuilles. Imprimerie de Fain, à Paris. — A Paris, chez Gustave Thorel, place du Panthéon, no 4. Prix. . . . . 7 fr. 50 c.

Fig. 8, 9 et 10. Châssis en fonte et support du cric de la porte de défournement A′ (*fig.* 1).

Fig. 11 et 12. *Idem* de la porte d'enfournement A (*fig.* 1).

Fig. 13. Semelle du support du cric reposant sur le châssis en *mm* (*fig.* 11).

Fig. 14. Coupe du même support au niveau de RR (*fig.* 11).

Fig. 15. Plate-forme du cric, ou coupe au niveau de RR (*fig.* 11).

Fig. 16. Crémaillère du cric, vue du côté opposé aux dents.

Fig. 17. Crémaillère vue de profil avec le pignon et l'une des joues du cric.

Fig. 18. Joue du cric opposée à la précédente et munie d'une roue à rochet destinée à empêcher la porte de retomber.

Fig. 19 et 20. Porte de chargement A du plan (*fig.* 1), munie des deux oreilles entre lesquelles on engage et on maintient, avec un boulon, l'extrémité inférieure de la crémaillère du cric qui sert à lever et à baisser cette porte. La porte de défournement A′ du même plan ne diffère de la précédente que par sa largeur.

Fig. 21 et 22. Élévation et plan du râteau en fer employé pour le défournement du coke.

Fig. 23. Plaque d'ancrage employée pour maintenir la maçonnerie et le châssis de fonte au moyen des parties de ces châssis saillantes en dehors des montants verticaux.

Fig. 24. Plan du cabestan au moyen duquel on fait mouvoir le râteau (*fig.* 21 et 22). Ce plan est pris à la hauteur de HH (*fig.* 25).

Fig. 25. Coupe verticale suivant la ligne NN de la *fig.* 24.

Fig. 26. Plan de l'extrémité *y*′ de la barre de fer *y*′*y* (*fig.* 2), barre que l'on place sur l'axe même de la sole du four, avant de charger la houille, et qui sert à retirer le coke lorsque la carbonisation est terminée.

Fig. 27. Élévation de *idem*.

Fig. 28. Plan de l'extrémité *y* de la même barre.

Fig. 29. Élévation de *idem*.

Fig. 4, 5, 6 et 7.

YY, argile servant de base à toutes les constructions de l'usine. (*Voir* mêmes lettres, explication de la *Pl. I.*)

XX, sol naturel de la prairie avant la construction de l'usine.

TT, sol remblayé de l'usine après son entier achèvement.

Fig. 1, 2, 3 et 4.

VV, pavé de briques formant le prolongement de la sole des fours et destiné à faciliter le glissement du coke lors du défournement.

Fig. 4, 5, 6 et 7.

xx, piédroits des fondations.

vv, voûtes cylindriques et circulaires, à axes inclinés, réunissant les piédroits *xx* des fondations, et disposées de telle sorte que le remplissage de leurs reins constitue une plateforme inclinée parallèle à la sole des fours, et sur laquelle sont établis les fours proprement dits.

Fig. 3, 6 et 7.

dd, conduits par lesquels l'air extérieur est amené dans le four.

Fig. 3 et 4.

ee, ouvreaux par lesquels l'air des conduits précédents *dd* pénètre dans le four.

Fig. 5, 9 et 11.

ii, saillies servant à maintenir la porte lorsqu'on la soulève.

Fig. 1, 2, 3, 5, 7 et 23.

gg, plaques en fonte servant à maintenir la maçonnerie et les châssis en fonte qui garnissent les ouvertures des portes.

Fig. 4 et 6.

hh, conduits rectilignes dans lesquels sont placées les barres de fer qui relient les deux plaques

g placées sur la face d'enfournement aux deux plaques semblables placées sur la face de défournement.

Fig. 1, 4 et 5.

KK, barres de fer rond fixées par l'une de leurs extrémités à la maçonnerie, et par l'autre aux supports des crics qu'elles maintiennent.

Fig. 2.

f, râteau en fer employé pour retirer le coke du four. Ce râteau est représenté sur une échelle plus grande par les *fig.* 21 et 22.

z et *z'*, deux barres de fer rond posées sur le coke et passées dans les anneaux supérieurs du râteau, auquel elles sont fixées au moyen de clavettes.

y'y, barre de fer méplat placée en dessous de la houille sur l'axe même de la sole du four. Les extrémités de cette barre sont représentées *fig.* 26 à 29.

Fig. 24, 25 et 2.

ll, chaîne en fer terminée par deux crochets qui saisissent, l'un la barre *y'y*, et l'autre les deux barres *z* et *z'*.

o, poulie de renvoi en fonte qui ramène l'extrémité de la chaîne *ll* dans le plan vertical passant par l'axe du four.

a, pieu fiché dans le sol et auquel est attachée la poulie *o*.

r, arbre vertical du cabestan, sur lequel s'enroule la chaîne *l*.

t, pieu fiché dans le sol. Ce pieu porte un pivot saillant, sur lequel repose la crapaudine inférieure de l'arbre *r*.

m, maçonnerie cylindrique consolidant la partie supérieure du pieu *t*, et environnant l'arbre du cabestan *r*.

nn, frette en fer entourant l'arbre du cabestan.

ss, cercle en fer maintenu par les pièces de bois horizontales *pp* et *qq*, et contre lequel s'appuie la frette *nn* de l'arbre *r* du cabestan.

pp et *qq*, pièces de bois horizontales qui maintiennent l'arbre du cabestan dans une position verticale.

uu, pieux fichés dans le sol pour consolider les pièces de bois horizontales *pp* et *qq*.

l et *l'*, deux leviers en croix traversant l'arbre *r* du cabestan, et au moyen desquels on le fait tourner.

FIGURES 30 A 35.

Modes divers de constructions pour les parties inférieures des cheminées de fours à coke.

Fig. 30. Plan de la naissance d'une cheminée formée par une seule brique pour four à coke à une ou à deux portes.

Fig. 31. Coupe verticale de *idem* suivant la ligne AA du plan *fig.* 30.

Fig. 32. Plan de la naissance d'une cheminée formée de douze briques pour fours à coke à voûte elliptique ou sphérique.

Fig. 33. Coupe verticale de *idem* suivant la ligne BB de la *fig.* 32.

Fig. 34. Plan de la naissance d'une cheminée rectangulaire formée de quatre briques pour fours à coke de toutes sortes.

Fig. 35. Coupe verticale de *idem* suivant la ligne CC de la *fig.* 34.

FIGURES 36 A 40.

Carbonisation de la houille entre murs à la Grand-Combe (Gard).

Fig. 36. Compartiment vide destiné à recevoir la houille à carboniser. Le sol de ce compartiment est pavé en grès.

Fig. 37. Compartiment dans lequel sont figurés les bois horizontaux et verticaux destinés à ménager les conduits d'air dans la houille.

Fig. 38. Plan d'un compartiment entièrement rempli.

Fig. 39. Élévation de la façade *cd* du plan *fig.* 38.

Fig. 40. Dame en bois employée pour tasser la houille dans les compartiments.

Fig. 36, 37 et 38.

xx, ouvreaux pratiqués dans les murailles fixes et par lesquels s'introduit l'air nécessaire pour la carbonisation.

Fig. 38 et 39.

y, *y*, *y*, ouvreaux semblables aux précédents et ménagés dans la muraille que l'on élève, à chaque carbonisation, en avant de la houille entassée.

Fig. 37.

e, *f*, *g*, trois pièces de bois rondes et un peu coniques placées dans la partie inférieure du tas de houille, sur le pavé même, pour former les conduits d'air horizontaux. Ces pièces de bois portent, à leur plus grosse extrémité *e*, *f*, *g*, des anneaux qui permettent de les retirer, au moyen de leviers, lorsque le tas de houille est achevé.

h, *h*, pièces de bois également coniques, et dont la base supérieure, qui est la plus grande, est aussi munie d'anneaux. Ces pièces de bois sont destinées à former les conduits d'air verticaux ou cheminées communiquant avec les conduits horizontaux.

MÉMOIRE

Sur le gisement, la constitution et l'origine des amas de minerai d'étain;

Par M. DAUBRÉE, Ingénieur des mines.

La formation des dépôts métallifères présente un des problèmes les plus complexes et les plus difficiles de la géologie chimique; quoique l'on possède sur ce sujet un grand nombre de bonnes observations depuis Jars, Délius et Werner, jusqu'aux travaux de MM. de Bonnard, Becquerel, Fournet, Fox, de Weissenbach, l'histoire des réactions qui ont accumulé çà et là les composés métalliques est encore tout à fait obscure. But du mémoire.

Ces gîtes offrent les plus grandes variations dans leur composition et dans leur forme, et très-probablement l'histoire de leur origine n'est pas susceptible d'être ramenée à une formule unique: aussi convient-il, pour les étudier d'une manière approfondie, de ne pas les embrasser, quant à présent, dans tout leur ensemble, mais d'en fractionner l'examen dans des espèces de monographies.

Ce mémoire a pour objet la constitution et la formation des gîtes stannifères connus sous le nom d'*amas* ou de *stockwercks*, qui présentent un groupe assez distinct.

L'étain est exploité en Europe dans deux contrées, en Cornouailles et en Saxe. Les dépôts des deux pays ont déjà été l'objet de plusieurs descriptions. Charpentier, Werner, MM. Freisle-

ben, de Bonnard, Blœde, Manès, de Weissenbach, Naumann et d'autres géologues ont donné des renseignements plus ou moins circonstanciés sur ceux de la Saxe. MM. Carne, Dufrénoy et Élie de Beaumont, Boase, ont fait connaître avec détails ceux de Cornouailles. Cependant, avant de traiter en général de la constitution de ces gîtes, il est nécessaire de reprendre aussi succinctement que possible la description des principaux d'entre eux; les ayant tous étudiés sur place, j'aurai occasion de signaler diverses circonstances qui me paraissent avoir été inexactement observées ou d'autres dont la valeur jusqu'ici a été inaperçue.

La première partie de ce mémoire renferme donc une description des amas ou stockwercks de Geyer, d'Altenberg, de Zinnwald, de l'Auersberg, en Saxe; de ceux de Carclaze, du Mont-Saint-Michel, de la paroisse de Saint-Just, en Cornouailles. On a rapproché de ces dépôts, comme termes de comparaison, les gîtes de Schneckenstein, de Piriac et de la Villeder, en France.

Dans la deuxième partie nous rechercherons les résultats généraux qui dérivent de l'examen des faits.

PREMIÈRE PARTIE.

DESCRIPTION

Des principaux amas stannifères de l'Europe.

AMAS DE LA SAXE.

Amas stannifère de Geyer.

Gisement du granite de Geyer.

Au milieu du terrain de gneiss et de micaschiste qui constitue les environs de Geyer et

d'Ehrenfriedersdorf, s'élèvent trois protubérances granitiques; l'une d'entre elles, la colline de Greifenstein, est connue depuis longtemps comme un des exemples les plus clairs de l'intercalation du granite à l'état pâteux au milieu de terrains préexistants. Le lambeau granitique de Geyer, dans lequel on exploite le minerai d'étain depuis fort longtemps, n'est pas moins intéressant sous le point de vue théorique. Il a été successivement décrit par MM. Charpentier, Blœde, de Bonnard, Manès, et en dernier lieu, de la manière la plus exacte, par M. le professeur Naumann, dans le texte qui accompagne l'excellente carte géologique de la Saxe publiée par ce savant. Je n'en donnerai ici qu'une description abrégée.

Le granite de Geyer a la forme d'un cône tronqué, à base irrégulière, dont le plus grand diamètre n'excède pas 260 mètres; il va en s'élargissant dans la profondeur où il se rattache très-vraisemblablement aux bases des proéminences voisines de Zinnberg et de Greifenstein. L'étain oxydé est renfermé dans de nombreuses veines, assez ordinairement parallèles, qui traversent le granite et n'entrent jamais bien avant dans les schistes avoisinants; l'oxyde d'étain est en outre disséminé en particules fines dans la pâte granitique, particulièrement dans le voisinage des veines.

Le granite est ordinairement à grains moyens ou fins; il est remarquable par la grande quantité de feldspath altéré qu'il renferme, et par la présence de parties stéatiteuses qui sont probablement aussi le résultat d'une décomposition : on y a trouvé de la tourmaline et de beaux cristaux d'apatite; j'ai fréquemment observé aussi le spath fluor, sous forme d'un enduit violacé, dans les fissures qui traversent ce granite.

Du pourtour de la masse granitique ou stockscheider.

Dans le voisinage du micaschiste, on trouve une variété du granite toute différente de celui qui forme la colline; il forme comme une zône tout le long de la jonction des deux roches sur une épaisseur de $0^m,25$ à 3 mètres. Cette variété, désignée par les mineurs sous le nom de stockscheider (limite de l'amas), a été regardée par Blœde et par différents géologues, comme étant distincte du granite central et même postérieure à cette roche. Mais il est actuellement bien certain, comme M. Mohs l'a le premier démontré, que ce n'est qu'une variété du massif granitique. Le stockscheider est remarquable par les grandes variations qu'il présente, depuis une roche à grains très-fins jusqu'à un assemblage granitoïde, dont les cristaux sont extraordinairement volumineux. Ces deux variétés extrêmes de granite forment des veinules tout à fait irrégulières qui se croisent en tous sens. Ce curieux contraste entre les parties d'une même roche s'observe aussi sur le contour de la masse de granite décomposé, qui est exploité comme kaolin à Lumbach, près d'Aue. Il est à remarquer que, dans l'un et l'autre cas, cette structure ne s'observe que vers le contact du granite et du gneiss, là où dans d'autres localités du même genre, comme au Mont-Saint-Michel en Cornouailles, la roche est ordinairement à grains fins.

Nature bréchiforme du stockscheider.

Ce qui contribue aussi à donner à la roche du stockscheider un aspect tout particulier, c'est le grand nombre de fragments anguleux de gneiss qui y sont disséminés. Comme au Greifenstein qui en est distant d'une lieue, tantôt les contours de ces morceaux de gneiss sont tout à fait nets, tantôt ils se fondent dans la masse. Nulle part ailleurs

peut-être, on ne rencontre une démonstration plus claire de l'état de fluidité pâteuse que possédait le granite quand il vint s'intercaler au milieu du gneiss. L'épaisseur du stockscheider est surtout grande dans les parties où le schiste plonge sous l'amas (1).

Les couches schisteuses avoisinantes, dirigées du N.E. au S.O., plongent d'environ 40° au N.O.; elles sont brusquement interrompues à leur rencontre avec le granite.

Disposition des veines stannifères.

Le massif granitique est traversé par un grand nombre de veines minces de nature quartzeuse, qui se dirigent, abstraction faite de leurs inflexions, parallèlement les unes aux autres à travers le massif granitique. Chacune de ces veines n'a qu'une épaisseur de 1 à 5 centimètres, quelquefois moins, rarement davantage. Elles sont principalement composées de quartz et de mica, et vers leurs salbandes, elles se fondent si gra-

(1) L'exploitation de cette mine se fait par le feu, comme au Ramelsberg au Hartz, c'est-à-dire que l'on allume le long des excavations des morceaux de bois pour fissurer la roche par une inégalité de dilatation et de contraction, et la rendre ensuite plus facile à abattre. Parmi les fragments provenant du stockscheider, j'en ai observé un grand nombre qui ressemblent à s'y méprendre à certains échantillons des murs de forts vitrifiés de l'Écosse. La masse du gneiss s'est ramollie et boursouflée au point que les morceaux voisins se sont solidement collés les uns aux autres et ne forment plus qu'une masse. Il n'est donc plus besoin, comme on l'a dit, d'une température très-élevée pour que les blocs de roches qui forment l'enceinte de forts vitrifiés aient pu se souder les uns aux autres : la présence des principes salins du bois favorise vraisemblablement la fusion d'ailleurs assez facile de certains micas.

duellement dans la masse du granite qu'on ne peut apercevoir de ligne de séparation. L'étain est disséminé dans ces veines hyalomictiques en particules très-fines; il ne s'y rencontre guère de cristaux visibles à l'œil nu. Le wolfram, le fer arsenical, le pyrite de fer, l'argile lithomarge et le talc s'y trouvent associés. On y a rencontré, mais rarement, de la topaze et du molybdène sulfuré.

Les veines stannifères sont rarement isolées; elles sont réunies en groupes auxquels les mineurs donnent le nom de *zug* : chaque groupe est formé de l'assemblage de plusieurs veines qui courent à peu de distance l'une de l'autre, en se réunissant çà et là par des ramifications. Ces faisceaux de petits filons sont rectilignes, et courent tous parallèlement les uns aux autres sur 3, 3 ½ ou 4 heures de la boussole : leur direction est donc la même que celle de la schistosité du micaschiste avoisinant; ils plongent aussi au N.O., de 70 à 80 degrés.

Liaison de la présence de l'étain à celle de l'hyalomicte.

L'oxyde d'étain ne se trouve pas seulement dans les petits filons de quartz et de mica, mais la roche avoisinante en est souvent aussi imprégnée vis-à-vis des parties riches des filons; cet enrichissement des épontes a particulièrement lieu entre les différentes veines d'un même groupe: aussi la roche intermédiaire est-elle souvent exploitée avec les filons. On remarque des faits analogues dans le voisinage de véritables filons d'étain, dont le remplissage est évidemment postérieur aux roches qui les renferment, comme à la mine de Pobershau, près de Marienberg, à Ehrenfriedersdorf, et dans les filons qui avoisinent les gîtes d'Altenberg : ce sont des exemples qui mon-

trent avec quelle facilité l'oxyde d'étain a pu pénétrer dans des roches qui sont aujourd'hui très-compactes; mais ce qu'il y a de particulier, c'est que, quand le granite est stannifère, il perd sa nature ordinaire; son feldspath disparaît, il passe à une roche principalement quartzeuse et renfermant un peu de mica, comme les petits filons (1). Ces variations montrent qu'il y a une liaison entre l'hyalomicte et la présence de l'étain, comme si la pénétration de l'oxyde d'étain dans un granite avait été suivie de l'élimination de son feldspath. Ce fait peut encore s'observer ailleurs.

Les veines pénètrent jusque dans le micaschiste.

Toutes les veines ne sont pas interrompues au stockscheider, ni même à leur entrée dans le micaschiste; mais elles ne tardent pas à s'appauvrir, puis à se terminer en coin, peu de temps après être entrées dans cette dernière roche.

Filon croiseur.

Un grand filon croiseur, principalement composé de hornstein et de granite décomposé, coupe nettement le granite, le micaschiste et toutes les veines stannifères qui viennent d'être décrites. Le croiseur est tout à fait stérile : la teinte rougeâtre de l'argile qu'il renferme lui a fait donner le nom de *rothenfall*.

Les veines paraissent être des fentes remplies

La régularité et l'allure de toutes ces petites veines qui traversent l'amas de Geyer, leur prolongation jusque dans le micaschiste avoisinant, enfin, leur direction, qui est parallèle à celle des feuillets de micaschiste sont autant de circonstances qui doivent les faire regarder comme devant leur origine à des fissures, et probablement à des fissures de retrait. Les fentes ont été postérieurement remplies de quartz, d'oxyde d'étain et

(1) Blœde, *Taschenbuch fur Mineralogie*, 1816, p. 22.

d'autres minéraux, comme la topaze, la tourmaline, l'apatite, par des réactions dont il sera plus loin question.

La colline de Greifenstein renferme aussi de l'oxyde d'étain.

On peut encore remarquer en passant que le mamelon granitique de Greifenstein, qui présente tant d'analogie avec celui de Geyer, renferme l'oxyde d'étain avec de la topaze d'un blanc bleuâtre et de l'apatite.

Amas de Zinnwald (1).

Environs de Zinnwald.

Le plateau de gneiss qui constitue la plus grande partie de la région orientale de l'Erzgebirge, est coupé par une grande masse de porphyre feldspathique quartzifère, connu sous le nom de porphyre d'Altenberg, et que M. Naumann a appelé *felsitporphyr*, par opposition au porphyre syénitique qui l'avoisine. Le massif de felsitporphyr est allongé suivant la direction N.N.O. à S.S.E.; il s'étend d'une manière continue sur une longueur de plus de six lieues, et probablement, selon M. Naumann, il se prolonge jusqu'aux lambeaux de Teplitz et de Czernösseck, c'est-à-dire sur douze lieues de longueur. C'est le plus grand amas porphyrique de l'Erzgebirge.

Disposition de la roche stannifère.

Au milieu de ce sol porphyrique, s'élève, aux environs de Zinnwald, sous forme d'un dôme aplati, la roche granitique qui renferme le minerai d'étain. Son affleurement, de forme à peu près elliptique, a environ deux kilomètres suivant son plus grand diamètre.

(1) M. le docteur Reuss vient de donner, dans son ouvrage *Die Umgebungen von Teplitz und Bilin*, une description de cet amas.

La roche qui forme cette protubérance a été nommée tantôt granite, tantôt greisen, et effectivement elle présente une association très-intime de ces deux composés : aussi M. Reuss a désigné avec justesse cet assemblage sous le nom de *greisengranit*. Le granite proprement dit est ordinairement à grains fins; le feldspath, qui y est en faible proportion, est presque toujours décomposé et à l'état de véritable kaolin ; un talc verdâtre et de la lithomarge y sont abondamment disséminés. Ce granite à kaolin et à lithomarge passe graduellement à des parties seulement composées de quartz et de mica, c'est-à-dire à un véritable hyalomicte, qui est la roche prédominante de l'amas de Zinnwald.

La roche stannifère est un assemblage de hyalomicte et de granite.

Une transition aussi insensible a lieu entre l'hyalomicte et le porphyre feldspathique au milieu duquel il est intercalé ; le mica s'efface peu à peu ; la roche prend un tissu plus fin, puis devient compacte en gagnant des grains de quartz et des cristaux de feldspath qui la rendent porphyroïde. Ces passages qui se font sur quelques mètres de distance s'observent sur toute la périphérie du gîte ; j'ai rencontré aussi l'association de ces trois roches dans l'intérieur même de l'amas, à 350 mètres environ de l'orifice de la galerie d'écoulement.

Elle passe aussi au porphyre.

L'hyalomicte de l'amas est fréquemment mélangé de spath fluor; quelquefois aussi l'oxyde d'étain y est assez abondamment disséminé pour qu'il puisse être exploité.

Mais la principale richesse en étain est concentrée dans de nombreuses veines qui traversent le greisengranit : au lieu de se rapprocher de la verticale, comme à Geyer, les veines sont ordinai-

Disposition des veines stannifères dans le greisengranit.

rement peu inclinées et à peu près parallèles à la surface extérieure du mamelon qui les renferme. Elles sont sensiblement horizontales vers le centre, et à partir de là, elles plongent de toutes parts, d'autant plus rapidement qu'elles s'approchent davantage du porphyre : vers cette limite, leur inclinaison est de 10 à 15 degrés.

Les veines sont principalement formées de quartz, de mica et d'oxyde d'étain, avec différents autres minéraux ; vers leurs salbandes, elles passent graduellement à la roche encaissante. Chaque veine est ordinairement partagée au centre par une fissure qui est tapissée de cristaux, et de part et d'autre elle présente une structure symétrique. Leur puissance varie de 1 centimètre à $1^{m},30$ et au delà : les plus épaisses sont dans la partie moyenne.

On connaît une trentaine de ces veines, mais neuf seulement étaient assez riches pour pouvoir être exploitées : elles sont espacées de 4 à 12 mètres ; les plus voisines de la surface sont aussi les plus rapprochées les unes des autres.

Elles se prolongent quelquefois dans le porphyre sans cesser d'être productives : car on a extrait de l'étain dans le porphyre à Petruszeche, à la Fundgrube et à l'Altemann ; mais, de même qu'à Geyer, elles ne tardent pas à s'y étrangler.

Le peu d'inclinaison de ces veines leur a fait donner le nom de *couches*, qui est évidemment impropre. Ce sont des veines comparables, pour leur composition et pour les principaux caractères de leur allure, aux filons de Geyer. La principale différence consiste dans leur inclinaison. A Zinnwald, comme à Geyer, il est très-vraisemblable

que ce sont des fentes remplies postérieurement à la consolidation du terrain.

Ces veines sont des fentes remplies.

En effet, ces prétendues couches de Zinnwald se moulent sur la forme de la surface extérieure du granite, comme les plans de division, soit horizontaux, soit verticaux, de certains districts granitiques du Cornouailles; ce qui complète la ressemblance, c'est qu'à Zinnwald, à Geyer, de même qu'au Mont-Saint-Michel, où ce sont évidemment des fentes remplies, ces veines se prolongent sur quelque distance dans la roche qui avoisine le granite.

Ces faits ne s'expliquent guère que dans l'hypothèse de fissures de retrait qui ont été remplies par le minerai d'étain et par les matières qui l'accompagnaient. La constitution de ces veines, si remarquablement symétriques au toit et au mur, conduit directement aussi à même conclusion. On voit, d'après cette explication, pourquoi ces petits filons sont moins espacés près de la surface qu'à une plus grande profondeur (1).

Minéraux des veines de Zinnwald.

Les veines de Zinnwald renferment une assez grande variété de minéraux, dont plusieurs présentent des particularités minéralogiques intéressantes; pour ne pas nous écarter du but du mémoire, nous ne ferons que citer ces espèces :

Le quartz, qui forme la partie principale, est souvent en cristaux volumineux; beaucoup sont transparents à l'intérieur, mais recouverts d'une croûte opaque, à texture fibreuse, qui est aussi de nature quartzeuse.

---

(1) La liaison avec la roche n'a rien de plus étonnant qu'au Mont-Saint-Michel et à Carclaze; on cherchera à l'expliquer plus loin.

Du mica, tantôt blanc d'argent, tantôt verdâtre; ces micas renferment, selon les analyses de Turner et de Gmelin :

Silice.	44,28	46,230
Alumine.	24,53	14,141
Oxyde de fer.	11,33	17,980
Oxyde de manganèse. . .	1,66	4,570
Potasse.	9,47	4,900
Lithine.	4,09	4,210
Acide hydrofluorique. . .	5,14	8,530
Eau.	»	0,830
	100,50	101,371

Le spath fluor, bleu ou violet foncé;

La topaze, d'un jaune vineux;

La picnite, bacillaire ou rayonnée;

La lithomarge;

La stéatite;

La tourmaline noire; elle n'y est pas commune;

Le feldspath, la baryte sulfatée et la chaux carbonatée y sont rares;

L'oxyde d'étain;

Le wolfram est, après le quartz et le mica, la substance la plus abondante du gîte; il y est en cristaux, dont la longueur approche souvent d'un décimètre.

Le schélin calcaire ou schéélite;

La pyrite arsenicale;

Le fer oxydé rouge forme de simples enduits à la surface;

La pyrite de cuivre;

Le cuivre gris;

Les carbonates de cuivre, bleu et vert;

La galène;

Le phosphate et le carbonate de plomb;

Le fer spathique ;
L'uranite.

Entre autres échantillons curieux, on trouve des cristaux de quartz brisés, dont les fragments, un peu dérangés de leur position, ont été ressoudés par du quartz ; des fragments anguleux de tourmaline, qui sont ressoudés entre eux par du quartz, par du schelin ou par du spath fluor ; enfin du quartz corné sous la forme cristalline du mica ou du fer spathique.

Fissures qui rejettent les veines stannifères.

Un grand nombre de fentes voisines de la verticale traversent toute la masse de l'hyalomicte, ainsi que les veines stannifères, en rejetant la plupart de ces dernières. Leur direction est comprise entre 1 et 3 heures; ils ont 15 à 20 centimètres d'épaisseur; ils renferment des débris de granite, d'hyalomicte et de quelques autres substances de l'amas. On dit que ces failles enrichissent ordinairement les filons d'étain vers leur intersection.

Des filons d'étain traversent le porphyre feldspathique près de l'amas.

Le porphyre feldspathique des environs de Zinnwald est aussi traversé par de vrais filons qui sont surtout nombreux près de Seegrund ; ils sont dirigés sur 3 à 6 heures, et plongent ordinairement vers le N.-O.

Ils sont remplis d'une argile rouge, ferrugineuse, qui renferme du fer oxydé rouge, et çà et là des géodes de fer oligiste; on y trouve aussi du quartz, du spath fluor, et quelquefois de la pyrite arsenicale et de la pyrite de fer; quelques petits cristaux de topaze se rencontrent dans les fissures; l'étain est finement disséminé dans toute la masse du filon et dans les épontes.

La roche encaissante a subi deux genres d'altération; tantôt elle est réduite à l'état d'argile, tantôt elle est surchargée de silice, et elle passe au hornstein.

Amas d'Altenberg.

Environs d'Altenberg.

L'amas d'Altenberg a été décrit avec détail par M. Manès (1), et plus tard, par M. Klipstein; il est cependant nécessaire d'en signaler les faits les plus saillants, qui ne me paraissent pas avoir été tous également bien observés.

Quoique les amas d'Altenberg et de Zinnwald soient situés seulement à trois quarts de lieue l'un de l'autre, et qu'ils soient probablement contemporains, ils présentent, au premier aperçu, une constitution très-différente.

Les environs d'Altenberg présentent cinq espèces de roches principales:

1° Le gneiss, qui constitue une partie de l'Erzgebirge;

2° Le porphyre feldspathique quartzifère ou felsitporphyr, indiqué plus haut, à Zinnwald, qui pénètre au milieu du gneiss;

3° Une autre variété de porphyre dit *syénitique* forme une masse distincte de la précédente; le porphyre syénitique est très-probablement le plus récent des deux, selon M. Naumann;

4° Le granite, qui à l'ouest s'élève vers la séparation du gneiss et du porphyre feldspathique;

5° Enfin, le Geisingsberg est formé par un dôme de basalte qui surgit au milieu du gneiss.

De l'amas stannifère proprement dit.

L'amas stannifère proprement dit, d'environ 440 mètres de long sur 300 mètres de large, consiste principalement en une multitude de filons stannifères qui se croisent en tous sens, et qui sont pour la plupart encaissés dans une roche porphyrique. Leur puissance varie de 0^m30 à plus de

(1) *Annales des Mines*, tome VIII, 1re série.

1 mètre : ceux dont la direction est E.-O. sont en général les plus nobles et les plus puissants ; leur remplissage ressemble beaucoup à la roche avoisinante.

La roche qui encaisse tous les filons est toujours plus ou moins imprégnée de particules d'oxyde d'étain, souvent sur plusieurs mètres de distance des salbandes, en sorte que toute la masse de l'amas est stannifère et peut-être traitée au bocard : la richesse de la roche est constamment plus grande près des intersections des filons que partout aillenrs.

Nature des roches qui constituent l'amas.

Presque tout l'amas est formé de porphyre feldspathique quartzifère et de diverses variétés de cette roche.

hornstein porphyrique.

Le porphyre qui a été imprégné de minerai d'étain, a, en même temps, été modifié dans son aspect ; il est devenu plus compacte et plus quartzeux, et on a remarqué que la richesse en étain est à peu près proportionnelle à l'abondance du quartz. La teinte de la roche a aussi tourné du brun au verdâtre, mais la conservation des cristaux dodécaèdres de quartz au milieu de la pâte fait reconnaître avec certitude que ces variétés doivent être rapportées au porphyre quartzifère. L'oxyde d'étain est disséminé en particules absolument indiscernables à l'œil nu dans cette roche, à laquelle on a donné le nom de *hornstein porphyrique.*

Outre cette roche qui prédomine dans l'amas, on trouve aussi un quartz blanchâtre compacte, presque pur, qui passe souvent au hornstein et au hornstein porphyrique.

Hyalomicte.

Enfin, quelquefois ce quartz prend du mica,

et il se rapproche alors de l'hyalomicte. On trouve, en outre, en plusieurs points, dans les environs du Stockwerck, de l'hyalomicte bien caractérisée, dont on ne peut, en général, bien voir le gisement par rapport à la roche avoisinante : à la mine de Glückauf, cette hyalomicte a été exploitée pour l'étain qui y était disséminé.

Amas de picnite. C'est au milieu du hornstein porphyrique que se trouve l'amas de picnite connu de tous les minéralogistes.

La roche à picnite, si différente du hornstein par son aspect et par sa composition chimique, n'est cependant qu'un accident au milieu de cette roche. Car, comme l'a observé M. Manès de la manière la plus positive, il y a passage tout à fait insensible entre les deux substances ; dans le Langenstreck-Sohle, à 180 mètres du jour, on voyait le hornstein prendre du mica (*mica lépidolite*); l'abondance et la grandeur des lamelles allait graduellement en augmentant, tandis que la proportion du quartz diminuait; bientôt, on ne trouvait plus que du mica; quelques pas plus loin, il était accompagné de quelques petits grains de picnite ; enfin, on arrivait à l'amas de picnite, dont on pouvait ressortir en suivant les mêmes variations. Le mica verdâtre qui formait la transition est vraisemblablement le mica lépidolite verdâtre analysé par Gmelin ; ce minéral renferme :

Silice.	40,10
Alumine.	22,72
Peroxyde de fer. . . .	19,78
Potasse.	7,49
Lithine.	3,06
Oxyde de manganèse.	2,02
Acide hydro-fluorique.	3,99
	99,16

M. le professeur Naumann a représenté, sur la carte géologique, le gîte d'Altenberg comme formé d'une roche très-voisine du greisen ou de l'hyalomicte. Il a nettement séparé cet amas du porphyre avoisinant. Ces roches étant minéralogiquement très-différentes du porphyre, doivent être coloriées d'une manière particulière; mais il faut se rappeler qu'elles passent l'une et l'autre au porphyre avoisinant par toutes sortes de degrés, comme on le remarque aussi à Zinnwald. Passages entre ces différentes roches.

Après l'étain, les substances les plus abondantes dans l'amas et dans les filons sont: Minéraux qui accompagnent l'étain.

Le fer arsenical;

Le fer oxydé rouge qui forme des taches au milieu du quartz, mais qui a cristallisé quelquefois dans les fissures;

Le molybdène sulfuré;

Le cuivre sulfuré est assez commun pour que l'on retire le cuivre des eaux vitrioliques qui sortent de la mine;

Le wolfram, le bismuth natif, le fer sulfuré, sont plus rares;

Le mica riche en lithine et en fluor, qui est très-analogue à certaines variétés nommées lépidolite;

Le picnite et la topaze;

La chaux fluatée.

Dans les environs de l'amas d'Altenberg, comme près de Zinnwald, le porphyre est traversé par de véritables filons d'étain qui sont très-nombreux; mais actuellement on ne les exploite qu'à Rothezeche et à Stollngewerckschaft. Ces filons sont principalement formés de quartz, dans le- Filons stannifères qui traversent le porphyre.

quel l'oxyde d'étain est disséminé en grains le plus souvent invisibles à l'œil nu : le porphyre avoisinant est souvent très-quartzeux et imprégné d'étain, de sorte qu'il est quelquefois difficile de distinguer le filon de ses épontes. Le minerai d'étain se trouve aussi quelquefois dans une argile colorée en rouge par l'oxyde de fer.

La direction la plus habituelle de ces filons est de 4 à 6 heures; ils plongent vers le nord. Ils traversent également le porphyre feldspathique quartzifère et le porphyre siénitique; les mineurs prétendent qu'ils s'arrêtent au gneiss, mais j'ai suivi un filon sur quelques mètres jusque dans l'intérieur de cette dernière roche.

Ils sont analogues aux filons qui, par leur concentration sur un même point, constituent l'amas ou stockwerck; les deux espèces de gîtes sont très-probablement de formation contemporaine.

Richesse du minerai de l'amas et du minerai des filons.

Pour donner une idée de la richesse de la roche qui renferme l'étain, je citerai les chiffres donnés par M. Manès, d'après le rendement d'une année. 317 kilogrammes de minerai du Stockwerck ont fourni 1$^{kil.}$,90 de schlich pur, et 1 kilogramme d'étain métallique : pour obtenir la même quantité d'étain, il n'a fallu que 198 kilog. de minerai des filons.

Le granite, le gneiss et le micaschiste renferment aussi des gîtes stannifères dans les environs d'Altenberg.

Le porphyre feldspathique quartzifère et le porphyre siénitique ne sont pas les seules roches qui renferment le minerai d'étain dans les environs d'Altenberg. Le granite, près de Schællerhau et au Kalenberg, paraît avoir été exploité pour étain. Selon Martini, le gneiss à Geisingsgrund renfermait des filons stannifères. Enfin, dans le micaschiste étaient subordonnées des

masses stannifères qui ont été exploitées à la mine dite *Wilhembau*.

Gîte de l'Auersberg.

Plusieurs petits massifs de roches schisteuses, que l'on rapporte au terrain primitif, sont enclavés dans le plateau granitique d'Eybenstock. Ces grands lambeaux, dont les contours présentent des angles vifs, ont été probablement détachés, lors du surgissement du granite, de la ceinture des roches schisteuses analogues qui les avoisinent; la nature minéralogique de ce terrain varie ordinairement du schiste argileux au micaschiste.

Du lambeau schisteux qui renferme la tourmaline.

Parmi ces espèces d'îles schisteuses, il en est une, celle de l'Auersberg, qui se distingue à la fois par sa richesse en étain et par l'abondance de la tourmaline qu'elle renferme. Ce lambeau, ordinairement étroit, et long d'environ 7,000 mètres, est principalement formé d'un micaschiste à mica argentin, dans lequel la tourmaline est assez fréquente; sur quelques points, comme au sommet de l'Auersberg, on voit le nombre de paillettes de mica diminuer, tandis que la proportion de tourmaline augmente : on passe à une association schistoïde de quartz et de tourmaline, qui a été décrite pour la première fois, comme roche, par M. Freisleben, sous le nom de *schörlfels* (1). Le quartz et la tourmaline forment une alternance de feuillets nettement séparés les uns des autres, dont les ondulations sont ordinairement très-tourmentées.

Cette roche renferme souvent, comme mélange

(1) *Freisleben, Geognostische arbeiten*, tome 6, page 18.

accidentel, la chlorite; l'oxyde d'étain y est quelquefois disséminé en grains très-fins dans le voisinage des veines stannifères qui traversent cette roche.

De l'hyalotourmalite.

L'association du quartz et de la tourmaline, que l'on a appelée en allemand *Schörlfels*, a été désignée en Angleterre sous le nom de *schorlrock* : elle est assez constante dans tous les gîtes dont il nous reste à parler, pour qu'il convienne de lui donner un nom particulier; ce composé se rapprochant par une grande analogie de gisement, et souvent aussi par une similitude d'origine, de la roche que M. Alexandre Brongniart a désignée sous le nom de hyalomicte; nous la désignerons dans ce mémoire sous le nom de *hyalotourmalite*.

Des filons stannifères qui traversent la roche à tourmaline.

L'hyalotourmalite schisteuse de l'Auersberg est traversée par de nombreux filons stannifères qui, autrefois, ont été très-productifs; en 1575, 89 mines étaient en activité sur un espace de trois quarts de lieüe au plus en tous sens (1).

Les filons consistent presque entièrement en quartz, auquel sont mélangés la tourmaline, de l'oxyde d'étain, et rarement du mica noir. La tourmaline affecte une forme bacillaire, et quelquefois radiée; l'oxyde d'étain est en grains excessivement fins. Chaque filon proprement dit se compose ordinairement d'un faisceau de veines rapprochées qui se ramifient irrégulièrement les unes dans les autres.

L'épaisseur totale des filons varie de $0^m,50$ à $1^m,60$; leur direction est entre 8 et 12 heures. Ils coupent très-nettement la schistosité du terrain, mais sous de faibles angles; leur inclinaison, par

(1) *Freisleben*, *Geognostiche arbeiten*, tome 6, page 64.

rapport à l'horizon, ne dépasse guère 40°, et ils plongent vers le sud ou vers le sud-est. On dit qu'ils ne sont riches que près de la surface : dans la profondeur, ils s'appauvrissent en devenant plus quartzeux.

Quoique l'arrivée de l'étain soit très-vraisemblablement postérieure à l'existence de ces roches, il est à remarquer qu'il existe une grande analogie de composition entre la gangue des filons stannifères et la roche qui les encaisse. Analogie des filons avec la roche encaissante.

On trouve dans plusieurs des vallées qui avoisinent l'Auersberg une énorme quantité de galets de toute grosseur de hyalotourmalite ordinairement schisteuse qui est imprégnée d'oxyde d'étain en proportion assez abondante pour qu'on puisse l'exploiter avec bénéfice dans plusieurs localités. Ainsi, l'étendue de la roche à tourmaline a été autrefois plus considérable qu'elle ne l'est aujourd'hui. Étain d'alluvion.

La roche de quartz et de tourmaline ne forme qu'un accident extrêmement restreint, d'environ 1,200 mètres de rayon, au milieu des grandes masses de micaschite de ce district; et c'est précisément dans cette variété de roche remarquable que sont intercalés les nombreux filons stannifères de la contrée. Un examen attentif montre que ces deux accidents sont corrélatifs l'un de l'autre, et qu'à l'Auersberg, comme dans d'autres gîtes, la présence du minerai d'étain se lie intimement au développement de la tourmaline. L'hyalotourmalite est une modification du terrain schisteux produite lors de l'arrivée du minerai d'étain.

On a vu en effet plus haut que les filons stannifères coupent les feuillets du terrain schisteux sous différents angles et avec une régularité telle qu'on ne peut guère douter qu'ils ne soient postérieurs au terrain qui les renferme. Cette conclusion est toute aussi claire ici qu'à l'égard des fi-

lons d'Ehrenfriedersdorf et de Marienberg qui sont renfermés dans le gneiss.

Or, la gangue des filons stannifères est essentiellement formée, comme la roche avoisinante, de quartz et de tourmaline. Cette identité de composition, ainsi que la fusion parfaite de la pâte des filons avec la roche encaissante, montrent que la cristallisation de la tourmaline et du quartz a eu lieu simultanément dans les filons et dans l'hyalotourmalite qu'ils traversent.

Ainsi les filons d'étain ont été ouverts et remplis postérieurement à l'existence du terrain schisteux qui les renferme; mais la constitution minéralogique que ce terrain présente actuellement dans le district traversé par les filons est l'effet du remplissage de ces gîtes métallifères, comme si les réactifs de nature quelconque qui ont accompagné l'arrivée de l'étain dans les fissures avaient pénétré jusque dans l'intérieur des schistes argileux, et en avaient formé, à leurs dépens, la roche que nous trouvons aujourd'hui, en apportant du bore, isolant une partie de la silice combinée à l'état de silicate, et en donnant lieu dans le voisinage du gîte d'étain, à la formation de nouveaux silicates caractérisés surtout par la présence du bore. Comme on peut suivre des passages graduels de l'hyalotourmalite schisteuse au micaschiste et au schiste argileux, il est très-possible que le fluor, que le micaschiste du voisinage renferme assez abondamment dans son mica argentin, ait accompagné l'arrivée du bore dans le terrain schisteux.

Autres localités où la tourmaline paraît être épigène.

Il y a encore d'autres localités dans lesquelles le schiste argileux renferme de la tourmaline qui paraît aussi être épigène : tel est le cas en Cor-

nouailles, particulièrement dans la paroisse de Saint-Just et dans la zône étroite de schiste corné ou hornstein qui contourne le granite du Hartz.

Roche-à-topaze de Schneckenstein.

Le célèbre amas de roche-à-topaze situé près d'Auerbach, en Saxe, vient naturellement se placer à la suite du gîte précédent, quoiqu'il ne renferme que des traces d'étain.

Cette roche, nommée *schneckenstein* ou *koenigskrone*, forme un amas vertical peu étendu qui s'élève au milieu d'une espèce de micaschiste à peu de distance du granite. Elle s'élève au-dessus du sol sous forme d'un roc nu et isolé qui en 1770 avait encore, suivant de Born, 30 mètres de haut et 100 mètres de circonférence. Mais les travaux qui y ont été pratiqués pour l'exploitation de la topaze en ont beaucoup réduit le relief depuis deux siècles. Son relief.

Toute la roche est véritablement une brèche d'hyalotourmalite schisteuse, entre les feuillets de laquelle des grains cristallisés de topaze sont abondamment disséminés; les fragments s'y séparent ordinairement avec netteté des veines qui les cimentent, et alors on voit qu'ils ont des contours tout à fait anguleux. Le quartz et la topaze composent presque entièrement les veines intermédiaires : il y existe de nombreuses fentes ou cavités sur les parois desquelles le quartz et la topaze se trouvent en cristaux de dimension variable; ces géodes renferment aussi le plus souvent un enduit ou un petit amas d'argile lithomarge. La teinte de la topaze, de même que celle Composition de cette roche.

de l'argile lithomarge, peut varier du jaune brun au blanc; et, comme l'a déjà remarqué de Born, la lithomarge a toujours la nuance de la topaze qu'elle enveloppe, ce qui fait supposer un lien de parenté entre ces deux substances.

L'amas de Schneckenstein résulte d'une modification des roches schisteuses voisines.

L'observation n'a encore pu apprendre dans quelle relation cette roche remarquable se trouve avec le micaschiste ou le granite qui l'avoisine : les uns l'ont regardée comme une variété de granite, d'autres, comme subordonnée au gneiss. Cependant la texture schisteuse de l'hyalotourmalite doit la faire regarder comme un accident du micaschiste qui l'environne de toutes parts.

La structure bréchiforme de tout l'amas qui est parfaitement reconnaissable, même dans les échantillons de collection, ne peut guère laisser admettre d'autre explication; ce serait une modification très-analogue à celle de l'Auersberg, et après les preuves données plus haut en faveur de celle-ci, ce dernier métamorphisme n'a rien qui puisse beaucoup surprendre. D'ailleurs l'association intime de la topaze et du quartz à la tourmaline dans les fragments schisteux, et le passage tout à fait insensible de ces substances au plexus de veines qui cimente cette brèche, démontrent, comme à l'Auersberg, que le quartz et la topaze ont simultanément cristallisé dans les fragments empâtés et dans les veines qui les ont ressoudés.

Ainsi l'amas de Schneckenstein n'est en résumé qu'une roche schisteuse primitive qui a été brisée en petits fragments, puis profondément modifiée sur une certaine étendue. Tout cet amas, caractérisé par l'abondance de la topaze et de la tourmaline, diffère surtout chimiquement des roches schisteuses qui l'avoisinent par la présence du fluor et

du bore; c'est à l'arrivée de ces deux corps que paraît se rattacher la formation de la topaze et de la tourmaline, qui ici sont certainement des épigénies.

L'argile lithomarge qui enveloppe la topaze à Schneckenstein comme à Capao près de Willa-Rica, selon M. d'Eschwège, paraît être soit un résidu de ces réactions, soit un produit de la décomposition de la topaze analogue aux exemples cités par le comte Rasoumowsky (*Isis* 1838, *Cahier* 3, *page* 200), par Glocker (*Mineralogische hefte*, H. 5, *page* 181) et par Marx. De la lithomarge qui accompagne la topaze.

On n'a indiqué que des traces d'étain dans l'amas de topaze lui-même, mais on a exploité autrefois ce métal dans le granite voisin jusqu'à une distance de quelques centaines de mètres des rochers de Schneckenstein. A en juger d'après les nombreux faits analogues, entre autres d'après l'amas de l'Auersberg, il est bien à supposer que le remplissage de ces gîtes d'étain est en connexion avec les exhalaisons qui ont laissé la trace de leur passage dans la roche de Schneckenstein. Des gîtes stannifères sont en relation avec l'amas de topaze.

AMAS DU CORNOUAILLES.

La plus grande partie du Cornouailles est formée de granite et de schiste de transition; c'est vers la ligne de séparation que se trouvent accumulées sous différentes formes les principales richesses métallifères de cette contrée, comme MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont l'ont indiqué dans leur voyage métallurgique en Angleterre. Il se trouve des amas stannifères dans le granite et dans le schiste, mais particulièrement dans la première roche. C'est exactement de la même manière Disposition des principaux amas stannifères en Cornouailles.

que se trouvent disposés les amas de tourmaline de cette presqu'île : ils ne se rencontrent pas irrégulièrement dans le massif granitique ou dans le schiste, mais constamment le long de la jonction des deux terrains.

Amas situés dans le granite.

Le principal amas de minerai d'étain situé dans le granite est celui de Carclaze que nous allons examiner, ainsi que celui du mont Saint-Michel qui présente une constitution très-analogue, quoiqu'il ne renferme que des traces d'oxyde d'étain.

Amas situés dans le terrain schisteux.

La bande étroite de schistes ou *killas* qui borde le granite et forme le rivage de la mer, depuis le cap Cormwall jusqu'à Saint-Ives, renferme de nombreux gîtes stannifères parmi lesquels nous citerons les mines de Bottalack et de Grills'bunny dans la paroisse de Saint-Just.

Amas situés dans le porphyre.

Enfin on trouve aussi des stockswercks stannifères subordonnés au porphyre feldspathique ou *elvan* comme aux mines de Wherry et de Treviddenball.

Amas d'étain de Carclaze (1).

L'amas d'étain de Carclaze, près de Saint-Austell, est situé dans le granite à très-peu de distance du terrain schisteux.

L'exploitation a lieu, à ciel ouvert, dans un granite friable dont le feldspath est à l'état de kaolin.

Disposition des filons stannifères.

Ce granite est traversé par un grand nombre de petits filons composés de quartz, de tourmaline et d'oxyde d'étain, qui se dessinent en noir sur la surface blanchâtre du granite; ils se distinguent

(1) *Voyage métallurgique* de MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, p. 209, 2e édition.

aussi de leurs épontes granitiques par une cohérence beaucoup plus grande, qu'ils doivent à la prédominance du quartz. La direction de tous des filons est à peu près constante et moyennement E.-O.; les uns se rapprochent de la verticale; les autres plongent sous un angle d'environ 70°. vers le sud, du côté des schistes : tous paraissent être contemporains, car ils se fondent les uns dans les autres aux points où ils se rencontrent. La disposition de ces filons est absolument celle des plans de division que l'on observe dans le granite de plusieurs districts du Cornouailles, surtout dans le voisinage du terrain schisteux.

La composition de tous ces petits filons est assez régulière. Un grand nombre d'entre eux présentent vers leur milieu une fente qui contient des cristaux de tourmaline et quelquefois du talc verdâtre. Les parois de cette fente sont principalement formées d'un mélange de tourmaline amorphe et de talc verdâtre qui occupe le milieu du petit filon quand la fente manque; dans chacune des deux parties, la proportion de la tourmaline va diminuant et le quartz prédomine de plus en plus; puis en prenant les éléments du granite, le quartz forme une transition au granite friable. Toute cette masse est parsemée de très-petits grains cristallisés d'oxyde d'étain d'un brun rougeâtre et faiblement transparents. La puissance des petits filons quartzeux n'excède guère 15 centimètres, et elle est souvent beaucoup moindre. — Composition des filons.

Le granite de la paroisse de Saint-Just renferme encore plusieurs autres stockwerks stannifères, mais d'une étendue bien moins considérable que l'amas de Carclaze. — Il existe d'autres amas du même genre dans la paroisse de Saint-Just.

Mont Saint-Michel.

Constitution du mont St-Michel.

Le mont Saint-Michel, situé dans la baie de Penzance, s'élève de 75 mètres au-dessus de la mer; sa base a environ 1800 mètres de circonférence; il est composé de granite à l'exception de quelques lambeaux de roches schisteuses qui le recouvrent vers le nord; le rivage avoisinant est lui-même formé de killas, de sorte que la colline dont il s'agit n'est autre chose qu'un mamelon granitique qui s'élève au milieu du schiste.

Les nombreuses ramifications qui pénètrent du granite dans le killas le long de la jonction de ces deux roches ont été décrites depuis longtemps, et c'est un des premiers exemples bien clairs qui ont été cités pour démontrer l'arrivée du granite à l'état pâteux au milieu des roches sédimentaires. Près du contact le granite devient à grains plus fins, tandis que le schiste devient cristallin.

Filons quartzeux du mont Saint-Michel.

Outre ces veines, le mont Saint-Michel renferme des filons d'une tout autre nature qui traversent également le granite et le killas, en coupant les feuillets de cette dernière roche. Ces filons, principalement quartzeux, sont très-nombreux et courent pour la plupart parallèlement les uns aux autres suivant une direction moyenne qui est de O. 10° N. à E. 10° S. Le même filon se poursuit quelquefois sur plus de 30 mètres en tous sens, puis il se termine en coin, et un autre filon lui succède à peu de distance dans le prolongement du premier. Leur épaisseur est ordinairement de cinq, huit, jusqu'à douze centimètres, et rarement ils sont espacés de plus de 1 mètre à $1^{m},80$.

Les filons quartzeux se séparent bien rarement du granite encaissant d'une manière distincte : le granite y passe en se chargeant de tourmaline, de sorte qu'une bande étroite de quartz et de tourmaline forme le passage du granite au filon quartzeux qui ordinairement ne renferme de tourmaline que vers ses parois. La plupart de ces filons sont partagés en deux parties par une fissure qui est tapissée de cristaux de quartz ; on y trouve aussi une grande quantité d'autres substances cristallisées, de l'oxyde d'étain, de la topaze, du mica, de l'apatite, du wolfram, de l'émeraude et de l'argent rouge.

Les filons de quartz du Mont-St-Michel sont postérieurs à la consolidation du granite.

La régularité sur laquelle les filons du mont Saint-Michel se poursuivent dans le granite et dans le schiste avoisinant, montre qu'ils sont postérieurs à la consolidation du granite ; ce qui confirme pleinement dans cette idée, c'est qu'on les voit couper et rejeter plusieurs des petits filons que le granite pousse dans le schiste. L'ensemble de ces filons parallèles et peu distants rappelle tout à fait la disposition des plans de joints que l'on observe dans beaucoup d'autres masses granitiques du Cornouailles; mais le plus ordinairement ces fissures sont restées vides. Les petits filons de Carclaze doivent certainement être assimilés à ceux du mont Saint-Michel.

Cependant si le granite était déjà en partie consolidé quand les veines ont été remplies, la concentration de la tourmaline dans le granite tout le long des filons quartzeux est un fait très-remarquable; nous chercherons à l'expliquer plus loin.

Ces petits filons de quartz présentent aussi une particularité que j'ai déjà signalée dans un mé-

moire sur le Cornouailles (1). C'est l'espèce de répulsion exercée par la tourmaline sur le mica ; les filons ne renferment pas ou presque pas de mica dans le granite, et dès qu'ils entrent dans le schiste ils en sont presque entièrement formés, comme si le fluor et le bore qui caractérisent surtout chacun de ces deux silicates, s'étaient repoussés dans deux roches opposées. Les conclusions théoriques de ce travail donnent du poids à cette conjecture.

Mines de Wherry et de Treviddenball.

La mine de Wherry, ouverte dans la mer près de Penzance, et la mine de Treviddenball dans la paroisse de Madron, sont des exemples de stockwercks d'étain situés dans le porphyre ou elvan ; l'oxyde d'étain se trouve dans des veines très-nombreuses et très-irrégulières qui ont de 1 jusqu'à 20 centimètres. Les veines sont principalement quartzeuses et quelquefois renferment de la tourmaline.

Paroisse de Saint-Just.

Mine de Bottalack.

Les couches schisteuses de la mine de Bottalack renferment un amas stannifère interposé entre elles, parallèlement à leurs feuillets. C'est un genre de gisement que les mineurs anglais distinguent sous le nom de *floor* et sous le nom de *tinfloor* quand il renferme de l'étain. Ce tinfloor a environ $0^{m},50$ d'épaisseur. Il est dans le voisinage d'un filon, mais on n'observe aucune

---

(1) *Voyage métallurgique en Angleterre*, 2ᵉ éd., p. 203.

communication entre le filon et cet amas. Le rocher nommé *Crownrock*, dans lequel est creusé le puits de descente de la mine, présente une agglomération remarquable de minéraux. Il est principalement formé de quartz, de tourmaline, d'amphibole, de grenat et d'axinite. Ces différents minéraux forment un réseau de veines, dont l'épaisseur varie de quelques millimètres à quelques centimètres, au milieu du killas qui ici est amphibolique.

Mine de Grills'-bunny.

A la mine de Grills'bunny, aussi près de Saint-Just, on voit un de ces tinfloors formé par la réunion de petites veines, qui alternent avec le schiste amphibolique sur une hauteur de 20 mètres; les veines sont exploitées sur environ 80 mètres en tous sens parallèlement à la direction des feuillets du schiste. Près de ces floors d'étain on a trouvé des amas de tourmaline (*cockle*), alternant avec du schiste amphibolique; l'axinite y a aussi été rencontré. Ici, comme à la mine de Bottalack, l'amas de tourmaline et d'axinite est en rapport avec la formation du tinfloor.

GÎTES STANNIFÈRES RENCONTRÉS EN FRANCE.

La France ne renferme aucun gîte d'étain qui soit exploitable. On a rencontré ce minéral dans plusieurs lieux, mais seulement en petite quantité : nous allons citer, d'après les descriptions qui en ont été faites, les principaux gîtes où l'oxyde d'étain a été trouvé, à cause des analogies que présentent ces gîtes avec les amas incomparablement plus riches de la Saxe et du Cornouailles.

Amas de Vaury et de Puy-les-Vignes (Haute-Vienne).

L'étain oxydé a été rencontré en petite quantité dans trois localités de la Haute-Vienne; les deux amas décrits par M. de Cressac (1), quoique situés au milieu de masses granitiques, paraissent analogues pour leur composition minéralogique à ceux d'Altenberg et de Zinnwald.

A Vaury, le minerai d'étain se trouve dans des veines quartzeuses dont l'épaisseur dépasse rarement 1 à 2 décimètres; la roche traversée par les veines est voisine de l'hyalomicte et passe çà et là au granite; elle est aussi quelquefois imprégnée d'étain : les substances qui accompagnent l'étain dans ces petits filons, outre le quartz et le mica fluoré, sont le wolfram, le molybdène sulfuré, le fer arsenical, le cuivre pyriteux, le cuivre oxydé, le cuivre arsenical, le cuivre natif, le fer arséniaté, l'argile lithomarge et un peu de chaux fluatée.

Gîte d'étain de la Villeder (Morbihan) (2).

Le gîte d'étain de la Villeder (*Morbihan*), consiste en un puissant filon de quartz qui est situé vers la jonction du granite avec le terrain schisteux; ce filon, épais de 8 à 10 mètres, est connu sur 400 mètres de longueur. Il est sans mélange sur une grande partie de son étendue;

---

(1) *Journal des Mines*, tome XXXV.

(2) *Annales des Mines*, 3e série, Mémoire de MM. Blavier et Lorieux.

sur une longueur peu considérable il renferme du mica argentin, et plus au nord il contient de la tourmaline qui devient de plus en plus abondante dans le filon. Dans la partie où le filon est formé de quartz pur, on n'a pas trouvé de traces d'étain; l'oxyde d'étain se rencontre seulement dans les parties micacées, et réciproquement, selon MM. Blavier et Lorieux, il est rare qu'on trouve du mica sans étain. Il existait dans les mêmes parties du fer arsenical, de l'émeraude et de petits nids d'argile.

Gîte de Piriac (1).

Le minerai d'étain se trouve dans les veines quartzeuses qui traversent irrégulièrement le granite près de sa jonction avec le micaschiste; ces veines sont d'autant plus nombreuses et plus puissantes qu'on se rapproche davantage de la limite des deux roches. L'oxyde d'étain est disséminé avec du mica dans beaucoup de quartz, et, selon MM. Dufrénoy et Juncker, les parties les plus micacées des veines sont aussi les plus riches en étain.

Le tout est disséminé dans un granite riche en tourmaline, qui çà et là renferme des variétés de l'hyalotourmalite.

(1) Mémoire de MM. Dufrénoy et Juncker, *Annales des Mines*, 1re série, t. IV, page 21.

DEUXIÈME PARTIE.

RÉSUMÉ

Sur la constitution des amas stannifères, et déductions relatives à leur origine.

MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, dans leur voyage métallurgique en Angleterre, ont déjà signalé certaines analogies entre les gîtes d'étain du Cornouailles et ceux de l'Erzgebirge. Ils ont fait ces remarques intéressantes, que, dans les deux contrées, les dépôts stannifères sont circonscrits vers la jonction du granite et du terrain schisteux; que les mêmes variétés de gisement se retrouvent en Angleterre et en Saxe; enfin, que le porphyre feldspathique d'Altenberg paraît correspondre à l'elvan des mineurs du Cornouailles.

Quand on descend davantage dans les détails, et que l'on examine les amas ou stockwercks en particulier, on trouve une grande variété, soit dans leur forme, soit dans la nature des roches au milieu desquelles ces amas sont intercalés; cependant l'observation de leur ensemble met en relief plusieurs faits généraux que nous allons signaler, en faisant ressortir les conséquences théoriques qui en découlent.

De la structure et de la composition des amas stannifères.

De la disposition des veines dans les amas stannifères.

Chaque amas se compose d'un assemblage de veines ou de petits filons où le minerai est particulièrement concentré; mais la roche encaissante

renferme aussi quelquefois de l'oxyde d'étain en mélange intime. Les petits filons ont une certaine régularité d'allure, et dans un grand nombre de cas ils sont sensiblement rectilignes.

Le quartz forme la partie essentielle des veines et des roches stannifères.

Dans tous les amas, les petits filons sont essentiellement composés de quartz : l'existence du quartz se lie tellement à la présence de l'oxyde d'étain, que quand les roches encaissantes sont imprégnées de ce minerai, elles deviennent en général plus quartzeuses, comme cela se voit surtout à Geyer et à Altenberg.

Le tungstène, le molybdène, l'arsenic accompagnent très-fréquemment l'étain.

L'oxyde d'étain se trouve disséminé au milieu de ce quartz avec plusieurs minéraux métalliques : le wolfram (*tungstate de fer et de manganèse*) est un compagnon si constant, que depuis des siècles les mineurs font des recherches d'étain sur des indices de wolfram ; c'est aussi le gisement ordinaire du molybdène sulfuré ; la pyrite arsenicale y est d'une fréquence remarquable ; enfin le bismuth natif, le cuivre et l'urane à divers états de combinaison accompagnent quelquefois l'oxyde d'étain.

Présence constante du fluor dans les amas d'étain.

Après le quartz, qui prédomine toujours beaucoup, soit dans les petits filons, soit aussi dans la roche encaissante, les satellites les plus constants sont les composés fluorés, principalement des fluosilicates, quelquefois des fluophosphates ou des fluorures.

Les micas des amas stannifères, ordinairement de couleur claire, souvent d'un gris argentin, se distinguent du mica le plus commun par leur richesse en fluor. C'est ce que l'analyse a fait voir pour le mica de quelques localités, et ce que j'ai observé par des essais chimiques pour d'autres variétés : ainsi, par exemple, le mica d'Altenberg

renferme sur 100 parties, 3,47 de fluor; le même corps entre dans la proportion de 4,84 et de 8,01 pour 100 dans les deux variétés de Zinnwald qui ont été examinées par Gmelin.

La topaze et la picnite, minéraux qui renferment encore plus de fluor que ces micas, sont très-fréquents dans les stockwercks, et la dernière substance formait un grand amas dans le gîte d'Altenberg; enfin on y trouve assez souvent l'apatite ou fluophosphate de chaux et du fluorure de calcium.

Cette association de l'étain à des micas ou à d'autres minéraux fluorés s'observe partout où l'on a rencontré de l'oxyde d'étain autrement qu'en filons réguliers, proprement dits.

A la Villeder et à Piriac, cette relation est évidente, d'après les descriptions qui précèdent.

Les filons granitiques de Finbo, près de Fahlun, qui renferment de l'oxyde d'étain avec de l'acide tantalique, contiennent aussi de la topaze, du spath fluor et divers fluorures de cérium et d'yttria (1).

Dans les célèbres mines de topaze et d'émeraude d'Adon-tsche-lon, sur la frontière chinoise de la Sibérie, on trouve quelquefois de l'oxyde d'étain et du wolfram avec du mica très-analogue à celui de Zinnwald (2). Ces substances sont donc accompagnées comme en Europe, de quartz, de silicates et de fluosilicates.

Le granite récent de l'île d'Elbe, dans lequel on

(1) Hisinger, *Mineralogische Geographie von Schweden*, p. 45.

(2) Hess, *Taschenbuch fur Mineralogie von Leonhard*, 1816.

a trouvé de l'oxyde d'étain, renferme en outre de la tourmaline, du lépidolite et de l'émeraude.

Enfin, on peut encore remarquer que les échantillons d'oxyde d'étain du Groënland qui arrivent quelquefois dans les collections proviennent de la même localité que la cryolite ($3NaF^2+2AlF^3$).

Ainsi tous les amas stannifères connus sont caractérisés par la présence du fluor : la proportion de cette substance est souvent considérable, si on la compare, non au volume total de l'amas, mais à la quantité d'étain qui se trouve dans ces gîtes.

Présence du bore dans un grand nombre des amas stannifères.

Enfin, plus de la moitié des amas stannifères décrits renferment en abondance de la tourmaline, qui, comme on le sait d'après les nombreuses analyses de Gmelin, contient jusqu'à 5.74 pour 100 d'acide borique : tels sont les amas de l'Auersberg, en Saxe; de Carclaze, du Mont-Saint-Michel et de la paroisse de Saint-Just, en Cornouailles; de Piriac et de la Villeder, en France.

La tourmaline se trouve quelquefois dans les veines mêmes où existe le minerai d'étain, comme à l'Auersberg et à la Villeder; d'autres fois dans la roche encaissante, comme à Carclaze ou au Mont-Saint-Michel : mais, d'après les faits qui ont été précédemment développés, on ne peut pas plus douter dans le second cas que dans le premier, que la formation de la tourmaline, et celle de l'axinite, quand ce dernier minéral s'y trouve, ne soient en liaison intime avec la présence de l'oxyde d'étain et avec les composés fluorés; ces trois genres de minéraux, l'oxyde d'étain, les composés fluorés et les borosilicates, doivent évidemment leur origine à un même ensemble de réactions.

D'après cela, on pourrait partager les amas d'étain en deux groupes, et séparer ceux qui ne renferment que des composés fluorés de ceux qui, plus complets que les premiers, renferment en outre des borosilicates.

Cortége caractéristique du minerai d'étain dans les amas.

Ainsi les substances qui à différents états de combinaison forment le cortége le plus caractéristique de l'oxyde d'étain sont : le silicium, à l'état d'acide silicique; puis, en proportion beaucoup moindre, le fluor; dans plus de la moitié de ces gîtes, le bore; enfin, dans la plupart, aussi le phosphore et l'arsenic; parmi les métaux autopsides, les plus ordinaires sont le tungstène, le molybdène et le fer.

Telles sont les remarques générales qui peuvent être déduites de l'examen des amas stannifères de l'Europe : les deux dernières observations sur la présence constante du fluor et sur l'importance de l'acide borique dans ces gîtes, nous paraissent jeter un grand jour sur l'origine des dépôts d'étain.

Position constante des amas stannifères à la jonction de deux terrains.

On peut encore remarquer que tous les amas stannifères, quelle que soit la roche qui les renferme, granite, porphyre, gneiss ou micaschiste, se trouvent toujours près du contact avec une autre roche : aucun de ces amas ne s'éloigne de plus de 500 mètres de la jonction de deux terrains. Cette influence, en apparence nécessaire, du contact de deux roches sur la déposition des minéraux métallifères, est susceptible de plusieurs interprétations que nous ne pouvons convenablement discuter ici.

De l'origine des amas stannifères.

Les veines sont certainement des fentes rem-

D'après ce qui a été exposé dans le courant de ce mémoire, il est bien démontré, au moins

pour Geyer, Zinnwald, Altenberg, l'Auersberg, Carclaze, le Mont-Saint-Michel, que ces veines sont des fentes remplies postérieurement à l'existence, et probablement même, à la consolidation de la roche, de même que les filons proprement dits.

plies postérieurement à l'existence des roches encaissantes.

C'est un fait que l'on a souvent révoqué en doute, à cause de la manière intime dont les petits filons sont soudés dans la roche encaissante; mais l'allure seule de ces veines prouve suffisamment qu'elles ne sont pas contemporaines des roches qu'elles traversent.

On les voit en effet couper sans s'interrompre, et même sans être déviées, des roches qui diffèrent par leur nature et par leur âge. A Geyer, les filons du stockwerck passent du granite dans le gneiss; à Altenberg, ils se poursuivent du porphyre feldspathique dans le porphyre syénitique et jusque dans le gneiss; ceux de Zinnwald pénètrent dans le porphyre qui environne de toutes parts le greisen-granite. Les filons de l'Auersberg coupent avec régularité la schistosité de la roche à tourmaline. Enfin, en Cornouailles, à Carclaze et au Mont-Saint-Michel, leur postériorité est encore plus évidente, comme je l'ai démontré dans un mémoire précédent (1).

D'ailleurs si le minerai d'étain, au lieu d'être de formation plus récente que les roches qui le renferment, en était une sécrétion contemporaine, comme, par exemple, paraît être le fer titané disséminé au milieu des basaltes, on ne concevrait pas comment il se trouve subordonné dans des roches dont l'âge et même le mode d'origine sont

(1) *Voyage métallurgique en Angleterre*, 2e éd., p. 203.

différents : en Cornouailles et en Saxe, le schiste argileux, le micaschiste et le gneiss, aussi bien que le granite et le porphyre feldspathique, renferment des amas stannifères.

L'étain étant postérieur à l'existence de la roche qui encaisse les filons de ce minerai, on peut être surpris que des roches actuellement très-compactes soient souvent imprégnées d'oxyde d'étain en particules extrêmement fines. Je me bornerai pour le moment à rappeler que le long des filons d'Ehrenfriedersdorf et de Marienberg, sur l'âge relatif desquels personne ne doute, le gneiss, quoique actuellement très-compacte, est imprégné d'oxyde d'étain jusqu'à une distance de quelques mètres des filons, et souvent avec assez de richesse pour que la roche soit exploitée avec le filon lui-même.

Ainsi, de même que les grands filons, les petits filons des amas stannifères cités plus haut sont des fentes remplies; ils diffèrent en général des premiers dans leur allure par moins de régularité, moins d'étendue, et par leur grande abondance sur certains points. L'ouverture de ces fissures ne paraît pas, comme celle des filons proprement dits, se rattacher à de grands accidents du sol, mais la plupart sont assez analogues à des fissures de retrait.

Réactions auxquelles les petits filons stannifères doivent leur remplissage.

Voyons maintenant la nature des réactions auxquelles les petits filons stannifères peuvent devoir leur remplissage.

L'association constante, soit dans les mêmes gisements, soit dans un même minéral, de subtances qui se ressemblent par l'ensemble de leurs propriétés chimiques, n'a rien de surprenant: tels sont les groupes, si constants dans la nature, du fer et du manganèse, du cobalt et du nickel, du

molybdène et du tungstène, du soufre, du sélénium et du tellure, etc. Tous ces corps, que nous ne savons séparer artificiellement qu'à l'aide d'un petit nombre de procédés et avec de grandes précautions, ont pu traverser toutes les réactions qui ont précédé leur état actuel d'équilibre, sans rencontrer des agents qui les aient désunis.

Mais dans les amas stannifères, comme dans d'autres parties de l'écorce terrestre, nous trouvons des associations non moins habituelles entre des corps qui diffèrent beaucoup par leurs propriétés; la réunion si ordinaire du fluor avec le silicium, le bore, le phosphore et l'arsenic avec l'étain, le tungstène et le molybdène, ne peut s'expliquer par l'analogie chimique de ces différents corps.

Le fluor paraît avoir joué un rôle important dans la formation des dépôts stannifères.

Dans la première partie de ce mémoire on a non-seulement fait remarquer la présence constante, dans les amas stannifères, de combinaisons qui renferment du fluor, mais aussi on a montré, particulièrement pour Altenberg et Zinnwald, que le développement de cet ensemble de minéraux fluorés paraît avoir accompagné l'arrivée même du minerai d'étain. Ces deux faits suffiraient seuls pour faire penser que le fluor, agent si énergique, a joué un rôle important dans la formation des amas stannifères. Ce corps, qui actuellement est si peu en évidence, qu'on l'a passé sous silence dans toutes les descriptions de gîtes d'étain, paraît cependant avoir été un moteur tout aussi actif que l'ont été le soufre ou les combinaisons sulfurées dans la plupart des autres gîtes métalliques. Telle est la première proposition à laquelle amène un ensemble compacte de faits.

Mais il est difficile de préciser la nature des

réactions, vraisemblablement très-complexes, qui ont précédé l'état actuel, et qui ont eu lieu dans des circonstances aujourd'hui effacées; nous n'en connaissons que le terme final ou le résidu. Le problème est d'autant plus embarrassant que les principaux minéraux qui sont résultés de ces réactions, tels que les fluosilicates et les borosilicates, forment un genre de composés que nous ne savons point encore faire naître artificiellement. Nous allons cependant hasarder quelques conjectures, en nous laissant guider d'après les relations de gisement signalées plus haut, et en restant aussi fidèles que possible aux lois de la chimie.

État de combinaison primitif des métaux.

Le fluorure d'étain étant une combinaison stable à toutes les températures et très-volatile, on peut croire que ce métal est arrivé, des profondeurs qui paraissent être le réservoir général des métaux, à l'état de fluorure. Il en est probablement de même du tungstène, et peut-être du molybdène.

Du bore.

Dans tous les gîtes qui renferment la tourmaline, ce minéral a la connexion la plus évidente avec l'oxyde d'étain, et par conséquent avec les composés fluorés. Ainsi le terrain schisteux de la contrée d'Eybenstock n'est riche en tourmaline que dans le district de l'Auersberg, qui est traversé par de nombreux filons d'étain, et de plus, on y voit clairement que le développement de la tourmaline a été provoqué à la suite de l'arrivée du minerai d'étain. Le rocher de Schneckenstein provient vraisemblablement d'un remaniement du terrain schisteux dans lequel se sont formés simultanément la topaze et la tourmaline, en même temps qu'il y a pénétré des traces d'étain. Enfin, les amas stannifères du Cornouailles, quel que soit le terrain

qui les encaisse, granite, schiste de transition ou porphyre, renferment très-généralement de la tourmaline, qui est aussi contemporaine de la formation de l'oxyde d'étain. Le bore ayant une grande affinité pour le fluor, et formant avec lui une combinaison indécomposable par la chaleur et très-volatile, on est porté à supposer que le transport de ce corps s'est fait aussi à l'état de fluorure.

Ce qui donne encore plus de poids à cette supposition, c'est qu'en général on ne trouve guère la tourmaline *loin de combinaisons fluorées* : ainsi à Roséna, en Moravie, une masse pailletée de lépidolite est entrelardée de prismes de tourmaline rose (1); à Penig, en Saxe, le granite passe tout à coup sur un espace très-restreint, de la variété commune à un granite géodique tout à la fois riche en tourmaline et en lépidolite, qui accidentellement renferme de l'apatite; à Chanteloube (Haute-Vienne), on trouve ensemble dans le granite la tourmaline, le lépidolite, l'apatite, le fer arsenical et différents autres minéraux. Beaucoup d'autres localités fournissent des exemples semblables.

Le silicium, qui abonde à l'état de silice dans les gîtes d'étain, se comporte avec le fluor d'une manière tout analogue au bore, et il est à supposer qu'il est arrivé aussi de l'acide fluosilicique; mais une partie de la silice de ces amas paraît résulter de la décomposition de silicates préexistants. Silicium

L'apatite cristallisée $3\mathrm{Ca}\dddot{\mathrm{P}} + \mathrm{Ca}(\mathrm{F}^2, \mathrm{Cl}^2)$ est une substance accidentelle très-fréquente dans les gîtes à fluosilicates et à borosilicates en général. Son Phosphore.

(1) Le lépidolite des États autrichiens, analysé par M. Regnault, qui renferme 4,40 pour cent de fluor, paraît très-analogue à celui-ci.

association avec ce genre de composés et la présence simultanée du fluor et du phosphore dans le même minéral portent à admettre que le phosphore a passé aussi par l'état de fluorure.

Élaboration produite par l'arrivée de ces substances.

Tel peut avoir été le rôle du fluor dans l'origine des amas de minerai d'étain ; cet ensemble de fluorures aurait été comme le germe ou l'état embryonnaire de ces dépôts ; la composition minéralogique actuelle des stockwercks, qui consistent généralement en quartz libre, en silicates, fluosilicates et borosilicates, paraîtrait résulter d'une *élaboration subséquente de ces composés sur les roches avoisinantes*. Ce sont des réactions que nous sommes dans l'impuissance d'analyser; mais nous avons démontré pour chacun des gîtes de Geyer, d'Altenberg, de Zinnwald, de l'Auersberg et du Cornouailles que ces variations remarquables, telles que l'amas de picnite d'Altenberg, exclusivement circonscrites dans le voisinage des filons stannifères, ne peuvent être que l'effet d'un remaniement de la roche survenu lors de l'arrivée de l'étain et des substances qui l'accompagnaient. De même que l'étain a quelquefois pénétré sur quelques mètres à partir des veines dans l'intérieur de la roche, l'acide hydrofluorique ou l'acide borique ont pu aussi y être introduits très-profondément et transformer les roches préexistantes sur de grandes étendues; comme cela paraît avoir été à Altenberg ou à Zinnwald, tandis qu'à Geyer ou au Mont-Saint-Michel, les altérations sont, au contraire, restreintes au voisinage des veines. Il n'y aurait dans ce remaniement rien que d'assez analogue à la manière dont l'alunite, par exemple, a été formée aux dépens du trachyte, dans plusieurs localités.

Proportion du fluor comparée à celle des autres éléments introduits.

La quantité de fluor, de bore, d'étain et des autres substances renfermées dans un même stockwerck, est difficile à évaluer, même approximativement. Cependant il paraît, autant qu'on peut en juger par un simple aperçu, que la quantité de fluor actuellement fixée dans le mica et les autres fluosilicates, est en général moindre que la proportion de ce corps nécessaire pour saturer les éléments qu'il aurait transportés à l'état de combinaison, selon l'hypothèse précédente. Mais cette disproportion, qui n'est peut-être pas très-considérable à Zinnwald ou à Altenberg, n'est pas une objection grave : car une partie du fluor mis en jeu dans ces réactions peut avoir été éliminé à l'état de combinaison volatile ou soluble; de même, par exemple, que les dépôts de fer spéculaire des volcans ne renferment plus de traces de l'acide chlorhydrique auquel, comme l'a montré M. Gay-Lussac, ils doivent leur origine.

Résumé.

Ainsi ce mode de formation paraît pouvoir rendre compte des traits les plus caractéristiques que présentent les amas d'étain. Les combinaisons dont la discussion des gisements nous a conduits à admettre l'existence primordiale sont indécomposables par la chaleur et volatiles; par conséquent, toutes peuvent être facilement arrivées depuis les profondeurs d'où les dépôts métallifères paraissent en général émaner jusque dans les parties superficielles de l'écorce terrestre. Cela explique encore comment des substances qui se ressemblent aussi peu que le fluor, le bore, le phosphore ou l'étain, se trouvent si communément réunies. Enfin, les réactions subséquentes, subies par les roches encaissantes sous l'influence des corps

introduits, et probablement de la vapeur d'eau, qui paraît n'être étrangère à aucun phénomène de ce genre, rendraient compte de la nature minéralogique toute particulière de ces stockwercks essentiellement quartzeux et du passage ordinairement graduel du filon à la roche encaissante. Ce qu'il y a de certain, c'est que ces masses formées de quartz, de fluosilicates et de borosilicates, dont l'hyalomicte et l'hyalotourmalite présentent les types les plus communs, et qui sont des résultats de l'arrivée de l'étain, comme on l'a vu plus haut, ne se retrouvent pas dans les autres dépôts métallifères, dont les éléments électro-négatifs sont le plus ordinairement le soufre, le sélénium, le tellure ou l'arsenic.

Avant de terminer, je mentionnerai encore deux observations curieuses qui n'ont pas trouvé place dans la partie descriptive du mémoire; ces faits, que présente le Cornouailles, apportent une confirmation aux idées qui viennent d'être émises.

Oxyde d'étain substitué à des cristaux de feldspath.

A la mine de Huelcoath, près de Sainte-Agnès-Beacon (1), on a trouvé de l'oxyde d'étain sous la forme habituelle du feldspath en prismes klinorhombiques dont les arêtes latérales sont fortement tronquées. Les cristaux ne sont pas de l'oxyde d'étain pur, mais ils sont formés d'un mélange de quartz et d'oxyde d'étain; cette dernière substance y varie dans la proportion de 10 à 75 pour 100. Beaucoup de ces cristaux ont été brisés et les morceaux ont été cimentés par de petits cristaux d'oxyde d'étain. Les individus se trouvent assez abondamment près d'un filon stannifère, dans du porphyre décomposé.

(1) *Transactions of geological Society of Cornwall*, p. 422.

La substitution de la tourmaline au feldspath est plus curieuse encore dans quelques régions granitiques où abonde la tourmaline, comme à Mélador et près de Trévalgan, dans le voisinage de la paroisse de Saint-Yves; des cavités, ayant la forme de cristaux de feldspath, sont remplies partiellement ou en totalité par des aiguilles de tourmaline qui se croisent en toutes directions (1). Tourmaline substituée à des cristaux de feldspath.

Le réactif qui a dans le premier cas décomposé le feldspath et en a enlevé une partie est aussi celui qui a apporté l'oxyde d'étain : le second cas ne démontre pas, comme le pense M. de la Bèche, que la tourmaline a pu être dissoute sur un point et recomposée sur l'autre; mais ce fait conduit aux deux conclusions suivantes : d'abord que la tourmaline, comme l'oxyde d'étain, a été, sur certains points au moins, cristallisée postérieurement à la consolidation du granite, et même du porphyre; ensuite que l'élément caractéristique de la tourmaline, l'acide borique, est arrivé dans les cristaux avec un agent capable de décomposer le feldspath. Ces deux réactions nous ramènent presque forcément au fluor comme élément électro-négatif du bore et de l'étain dans ces épigénies.

Déjà on a songé à attribuer un rôle à l'acide hydrofluorique, mais dans un phénomène tout différent de celui qui vient de nous occuper. Il y a dix-huit ans que M. de Buch, dans sa description du Hartz (2), a émis l'opinion que le kaolin Origine de certaines masses de kaolin en connexion avec les gîtes d'étain.

(1) De la Bèche, *Geological Report on Cornwall and Devon*, p. 190.

(2) *Mineralogisches Taschenbuch*, 1824.

des environs de Halle, en Prusse, devait son origine à l'intervention de l'acide hydrofluorique dans le porphyre dont dérive ce kaolin, et il en voyait une preuve dans l'abondance des petits cristaux de spath fluor au milieu de la masse décomposée.

D'après ce qui vient d'être développé sur l'origine de certains amas de borosilicates, il est à supposer que le kaolin exploité aux environs de Saint-Austell a une origine assez analogue. En effet, ces masses de granite décomposé sont exclusivement restreintes aux régions traversées par les filons quartzeux, qui renferment toujours de la tourmaline, et quelquefois, comme à Carclaze, de l'oxyde d'étain. Je reviendrai à ce sujet après avoir terminé des expériences qui m'occupent en ce moment; ce qu'il y a de certain, c'est que le kaolin de Saint-Austell ne résulte pas d'une décomposition lente et journalière du feldspath, comme il peut être arrivé dans d'autres cas, ainsi que l'a montré M. Fournet : il présente la date précise de son origine, en même temps que l'indice de l'agent décomposant, dans ces nombreux cristaux de feldspath décomposé auxquels sont venues se substituer des aiguilles de tourmaline; mais cette hypothèse, applicable peut-être aussi au kaolin de l'Auersberg et à celui de Zinnwald, ne saurait être générale pour tous les amas de kaolin, qui, très-probablement, résultent de plusieurs procédés de décomposition.

NOTICE

Sur les explosions de chaudières à vapeur, dont les procès-verbaux sont arrivés à l'administration des travaux publics, depuis l'année 1827 *jusqu'à l'année* 1841.

Par M. Ch. COMBES, Ingénieur en chef des mines.

MM. les ingénieurs des mines et des ponts et chaussées, chargés du service des machines à vapeur, doivent, toutes les fois qu'il survient une explosion de chaudière ou un accident analogue, se rendre immédiatement sur les lieux, pour dresser un procès-verbal de l'accident et des circonstances qui l'ont accompagné. Ces procès-verbaux sont adressés à M. le ministre des travaux publics, et transmis par lui à la commission des machines à vapeur, qui les examine, et adresse au ministre les observations qui lui sont suggérées par les faits survenus.

Pour les chaudières placées à bord des bateaux, les procès-verbaux sont rédigés par les commissions de surveillance instituées dans les départements.

La commission des machines à vapeur a pensé que la publication, par extrait, des documents qu'elle possède sur les explosions de chaudières, pourrait contribuer à diminuer le nombre de ces accidents déjà fort restreint, parce que, d'une part, elle montrerait aux propriétaires d'appareils à vapeur l'utilité des mesures et des précautions prescrites par les règlements administratifs,

et que, d'un autre côté, elle rendrait plus circonspects les constructeurs de chaudières ou générateurs à vapeur, en signalant les vices de construction qui ont été la cause certaine de plusieurs accidents.

M. le ministre des travaux publics a approuvé ces vues, et la commission m'a chargé d'écrire une notice sur quelques explosions déjà anciennes, dont elle possède les procès-verbaux; les documents relatifs aux explosions survenues sur les bateaux à vapeur *le Citis*, à Châlons-sur-Saône, et *la Bretagne*, à Nantes, dans le courant de l'année 1841, seront publiés séparément.

La commission des machines à vapeur regrette de ne pas pouvoir publier un catalogue complet des explosions qui ont eu lieu depuis dix ou douze ans. Elles ont été d'ailleurs fort heureusement peu fréquentes; mais l'administration ne reçoit que depuis deux ou trois ans les procès-verbaux détaillés des accidents de ce genre. La commission, ne pouvant présenter l'historique de toutes les explosions, a pensé qu'il valait mieux, en exposant les faits bien connus, rapprocher les analogues que de suivre l'ordre des dates.

I. *Accident survenu à la chaudière du bateau à vapeur* le Parisien, *n° 2, naviguant sur la Seine en amont de Paris, le 23 juin 1839.*

La chaudière du bateau à vapeur *le Parisien*, n° 2 (voyez *Pl. III, fig.* 1 et 2), se compose d'un cylindre extérieur en tôle de 1m,25 de diamètre et 3m,92 de longueur.

Dans l'intérieur de ce cylindre est placé un autre tuyau en tôle, dont la section est à peu

près une ellipse dont le diamètre horizontal a $1^m,02$, et le diamètre vertical $0^m,79$.

Une rangée de tubes bouilleurs verticaux, au nombre de vingt-deux, forme une cloison longitudinale qui divise ce tuyau ou canal intérieur en deux parties égales. Six autres tubes bouilleurs, trois de chaque côté, sont disposés dans un plan horizontal contenant les grands axes des sections elliptiques, s'étendent dans toute la longueur, et se prolongent d'un mètre sur le devant de la chaudière, où ils débouchent dans un bouilleur horizontal placé transversalement, qui est réuni, par un septième bouilleur horizontal parallèle aux six premiers, au tube bouilleur vertical antérieur. Le prolongement de ces six tubes forme, avec le dernier dont nous venons de parler, le plafond du foyer, qui est bordé en outre de chaque côté par un tube bouilleur.

Enfin, quatre autres tubes bouilleurs, deux à droite et deux à gauche, sont placés au-dessus de la première rangée horizontale, vont d'un bout à l'autre du canal intérieur, et sont mis en communication avec la chaudière par des tuyaux recourbés en dessus adaptés à leurs extrémités.

La flamme passe d'abord sous les six tubes bouilleurs horizontaux, et revient à la cheminée placée sur le devant en passant sur ces six tubes, et en léchant les quatre tubes supérieurs.

On a ainsi une grande surface de chauffe, mais une chaudière très-compliquée, et dans laquelle il y a un grand nombre de joints.

Cette chaudière avait subi l'épreuve par la pompe de pression. Elle était munie de deux soupapes de sûreté, dont les dimensions étaient en rapport avec la surface de chauffe, de deux con-

delles fusibles, la première à 151, la seconde à 161 degrés centigrades, d'un tube indicateur du niveau de l'eau.

Le 23 juin 1839, le bateau *le Parisien* venait d'arriver à Melun, où il s'arrêta pour déposer et embarquer des voyageurs. Au moment où il allait reprendre le large, deux des tubes bouilleurs du même côté de la rangée horizontale supérieure se déchirèrent près du joint qui les réunissait aux tuyaux recourbés qui les mettaient en communication avec la chaudière : la vapeur et l'eau se répandirent dans la cale où étaient trois chauffeurs et le mécanicien. L'un mourut sur-le-champ, et les trois autres n'ont survécu que peu de temps. Le comptable du bateau et M. Adolphe Cochot, fils du propriétaire du bateau, qui étaient sur le pont, et penchés sur le *capot*, furent aussi blessés, le premier très-grièvement, ainsi qu'un homme de l'équipage qui voulut descendre pour porter secours à ceux qui étaient dans la cale. Du reste, aucun des voyageurs qui étaient dans les salles ne fut atteint, grâce à la forte cloison doublée en tôle qui sépare les salles des passagers des appareils moteurs.

Après l'accident, le bateau fut immédiatement visité par la commission de surveillance des bateaux à vapeur de Melun, et, trois jours après, par la commission de surveillance du département de la Seine.

La commission de surveillance de Melun reconnut :

1° Que les pompes alimentaires, examinées aussitôt après l'accident, étaient en bon état ;

2° Que les deux rondelles n'étaient point fondues ; que la moins fusible cependant était par-

semée à la surface de petits globules qui avaient été fondus, et que la grille en fer de retenue était fortement comprimée dans l'épaisseur du métal fusible ;

3° Que les bouilleurs ne contenaient aucune trace de sédiment ;

4° Que le métal des bouilleurs déchirés était brillant et décapé à l'extérieur, ce qui indiquait que ces tubes avaient été portés à une température très-élevée ;

5° Elle crut s'apercevoir que le jeu de l'une des soupapes de sûreté n'était pas parfaitement libre.

La commission de Paris reconnut en outre que le dôme du tuyau elliptique, contenant les bouilleurs, avait fléchi sous la pression de la vapeur, était rentré en dedans, et que cette partie du tuyau, en venant s'appuyer sur les tubes bouilleurs, avait déterminé leur déchirure.

L'état de l'une des soupapes, signalé par la commission de Melun, ne lui parut pas de nature à empêcher le jeu de cette soupape.

Au surplus, les deux commissions s'accordent à regarder l'accident comme étant le résultat de l'abaissement du niveau de l'eau dans la chaudière, et du développement rapide de vapeur que produisit la projection de l'eau sur les parois surchauffées antérieurement par l'action de la flamme, tandis qu'elles n'étaient point intérieurement baignées d'eau.

Pendant le stationnement du bateau à Melun, la chaudière ne fut point alimentée ; les passagers se portèrent presque tous du côté du bateau voisin de la terre, et le firent incliner de ce côté. Par cette double circonstance, le niveau baissa du côté opposé, et les deux bouilleurs de la rangée

horizontale supérieure placés de ce côté se vidèrent d'eau.

Au moment de prendre le large, l'eau arriva sur ces parois suréchauffées, soit par l'effet naturel du redressement du bateau, soit parce que l'un des chauffeurs, ayant reconnu l'abaissement du niveau, injecta de l'eau dans la chaudière en faisant jouer une petite machine à vapeur destinée à alimenter, quand le râteau ne marche pas, et qu'on nomme *le petit cheval.*

En tout cas, l'eau, arrivant sur ces parois suréchauffées, et d'une grande étendue, puisqu'elle se composait du dôme du grand tuyau elliptique et d'une portion de la surface de deux tubes bouilleurs, donna lieu à une formation de vapeur très-rapide, qui, ne trouvant pas une issue suffisante par les soupapes de sûreté, détermina l'accroissement de tension intérieure, qui a produit la dépression de la paroi du tuyau, et ensuite la rupture des tubes.

Il est impossible de ne pas admettre cette explication, quand on voit que les deux tubes bouilleurs déchirés conservaient, après l'accident, la trace de la température élevée à laquelle ils avaient été exposés.

Les faits que nous venons de rapporter nous paraissent donc offrir un nouvel exemple qu'on peut ajouter à ceux qui sont cités dans la notice de M. Arago sur les explosions, du danger de laisser des parois métalliques non baignées d'eau, exposées à l'action directe de la flamme ou des gaz chauds. La déformation du tuyau elliptique, observée par la commission de Paris, montre aussi les inconvénients que présentent les tubes intérieurs sous le rapport de la résistance à la rupture ou à l'écrasement.

II. *Explosion d'une chaudière placée dans l'établissement de teinture de* M. Dumas, *à Puteaux* (Seine), *survenue le* 6 *juin* 1827.

Cette explosion eut lieu le 6 juin 1827, et causa la mort de M. Dumas, le propriétaire de l'établissement, et d'un ouvrier.

Le 9 du même mois, les ingénieurs des mines du département de la Seine se transportèrent sur les lieux, et constatèrent les faits suivants :

La chaudière était cylindrique, terminée par deux fonds plats; elle avait 1^{m},10 de diamètre, et 3 mètres de longueur. L'épaisseur de la tôle de fer était, pour la partie cylindrique comme pour les fonds, de 6 millim. 77.

M. Dumas avait établi, deux ans auparavant, une machine servie par une chaudière d'une grande dimension, qui fournissait en même temps la vapeur nécessaire au chauffage des ateliers. Ayant renoncé à ce mode de chauffage, il dut faire diminuer les dimensions de la chaudière, qui fut transportée à cet effet chez un chaudronnier; celui-ci la raccourcit, et remplaça par un nouveau fond en tôle celui qui tenait à la partie supprimée. La longueur fut réduite à 3 mètres, ainsi qu'il a été dit plus haut.

Ainsi modifiée, la chaudière, munie de deux soupapes de sûreté placées sur la même tubulure, fut installée, sans avoir été soumise à l'épreuve au moyen de la pompe de pression, prescrite par les règlements, et sans qu'on y eût adapté de rondelles fusibles, sur un fourneau construit en plein air dans la cour de l'établissement. On alluma le feu le 6 juin dans l'après-midi, et l'explosion eut lieu entre quatre et cinq heures du soir.

Le fond récemment adapté à la chaudière se déchira le long de la clouure sur presque tout son contour. La vapeur et l'eau bouillante se répandirent subitement au dehors par cette large ouverture; un hangar, placé à 14 mètres de distance en avant de la chaudière, fut entièrement renversé; le corps de la chaudière fut lancé en arrière par la réaction du fluide; il alla frapper et rompre le volant de la machine à vapeur, puis, continuant son trajet, il renversa deux murs parallèles de 30 centimètres environ d'épaisseur, enleva le pied d'un escalier placé entre ces deux murs, et tomba à 4 ou 5 mètres de distance du dernier mur renversé, à 20 mètres de distance de l'emplacement du fourneau.

L'ancien fond adhérent au corps de la chaudière, qui était un peu bombé en dehors, présentait après l'accident une forme concave et rentrante en dedans. Le nouveau fond, retrouvé sous les décombres du hangar, était fait avec de la tôle de 6 millimètres 77 d'épaisseur, comme nous l'avons dit plus haut, mais que les ingénieurs reconnurent d'une qualité très-inférieure à la tôle qui formait l'ancienne chaudière. La tôle était évidemment composée de trois feuilles mal soudées ensemble, qui étaient très-distinctes sur tous les points de la déchirure.

L'appareil des soupapes fut retrouvé parmi les débris. Le diamètre de chaque soupape était de $0^m,0335$; le rapport des bras de levier était, pour la position extrême du poids, celui de 1 à 10. Le poids placé sur ce levier était de $6^k,363$. Un commis de l'établissement déclara aux ingénieurs que, quelques instants avant l'accident, il avait vu les poids placés tout à fait à l'extrémité des bras de levier.

En s'appuyant de cette déclaration et des données précédentes, les ingénieurs ont calculé que la tension de la vapeur, dans l'intérieur de la chaudière, avait pu s'élever à $7^{at.},992$, tout près de 8 atmosphères.

Si la tôle eût été de bonne qualité, elle avait une épaisseur suffisante pour résister à cette pression; mais il est impossible de ne pas reconnaître qu'l'explosion a eu pour cause la mauvaise construction de la chaudière ou le défaut de qualité de la tôle; on est donc fondé à croire que l'épreuve préalable par la pompe de pression aurait mis ces vices à découvert, et prévenu l'explosion funeste dont on vient de rendre compte (1).

III. *Explosion d'une chaudière placée dans une fabrique de sucre à Saint-Saulve, près Valenciennes* (Nord).

Au mois de juin 1839, une chaudière à vapeur placée dans la fabrique de sucre de M. Guyot, à Saint-Saulve, fit explosion.

M. Dusouich, ingénieur des mines à Arras, se transporta sur les lieux le lendemain du jour de l'accident, et constata les faits suivants :

La chaudière qui avait sauté fournissait la vapeur à une machine et à une chaudière à déféquer.

Elle était alimentée par une pompe ordinaire mue par la machine et par un retour d'eau;

Sa forme était celle d'un cylindre à fonds plats,

---

(1) Nous renvoyons, pour ce qui concerne les suites de l'explosion, à l'article 5 de cette notice, relatif à la chaudière d'Avrillé.

sans bouilleurs; son diamètre était de $1^m,11$, sa longueur de $4^m,70$.

Suivant la déclaration du fabricant, elle était munie d'une seule rondelle fusible qui n'a pu être retrouvée; elle avait en outre deux soupapes chargées, l'une directement, l'autre par l'intermédiaire d'un levier. Celle-ci a été retrouvée et mesurée; elle était conique : la base la plus petite avait un diamètre de 34 millimètres; la grande base, un diamètre de $47^{mill.},50$. D'après le poids qui la chargeait et le rapport des bras du levier, elle pouvait faire équilibre à une tension intérieure de 7 atmosphères, en prenant pour la surface pressée par la vapeur celle de la petite base. On trouverait 4 atmosphères seulement au lieu de 7, si l'on considérait la surface pressée par la vapeur comme égale à la grande base.

L'épaisseur de la tôle était de 13 millimètres pour la partie cylindrique, et de 11 millimètres pour les fonds plats.

Cette chaudière avait eu autrefois un tube intérieur pour la circulation des gaz chauds. On avait enlevé ce tube et fermé les trous des deux fonds par des plaques de tôle assemblées à rivets, et réunies entre elles par un tirant longitudinal composé de deux pièces assemblées, dans le milieu de la longueur de la chaudière, par un emmanchement à fourchette et une clavette. Chaque pièce portait à son extrémité une embase sur laquelle portait la feuille de tôle percée, et un pas de vis qui recevait un écrou placé extérieurement, destiné à presser la feuille de tôle percée sur les bords de l'embase.

M. Dusouich a recherché inutilement sur la chaudière rompue la médaille destinée à recevoir

le timbre apposé après l'épreuve que prescrivent les règlements. Il est en conséquence probable que cette chaudière n'avait point été soumise à l'épreuve.

La *fig.* 1, *Pl. IV*, est la copie du croquis joint au rapport de M. Dusouich. Ce croquis représente la position des choses après l'événement. Le fond plat postérieur de la chaudière avait été déchiré sur tout le pourtour, aux points de courbure de la tôle : il avait été traversé par l'écrou extérieur ; projeté suivant une direction inclinée à l'horizon, il avait été frapper et renverser le mur O, et était retombé dans la bâche B, où on l'a retrouvé à une dizaine de mètres de son emplacement primitif.

Le corps de la chaudière avait été repoussé en arrière. Il avait démoli la maçonnerie du fourneau des générateurs *g*, rasé les tubulures portant les soupapes de cette chaudière, emporté avec lui le tuyau de retour d'eau en fonte ; les soupapes du second générateur *g* étaient aussi enlevées. Continuant ensuite son trajet, il renversa le mur *l*, d'une brique d'épaisseur, emporta et déforma complétement les chaudières de cuite *cc*, traversa un second mur *m*, d'une brique et demie d'épaisseur, alla battre en brèche le mur de soutènement du sol de la propriété voisine, qui était heureusement plus élevé que celui de la rue, renversa ce mur, et s'enfonça de 1^{m},50 dans le sol avant que sa vitesse fût détruite par la résistance des terres à l'enfoncement. Les effets de la détente de la vapeur, après sa sortie du générateur, ne furent pas moins extraordinaires. Une partie de la corniche du bâtiment des ateliers A, située à 8 mètres de hauteur, fut détachée, et retomba sur la machine qui fut gravement détériorée.

La toiture du bâtiment où étaient les générateurs fut presque complétement emportée.

Une croisée, communiquant de ce bâtiment au bâtiment A, et fermée par une cloison d'une demi-brique, fut enfoncée.

Peu de dégâts eurent lieu dans l'atelier A; mais dans le bâtiment P, toutes les pannes de la couverture du bâtiment Q, situées de l'autre côté, furent également enlevées sur une longueur de 22 mètres et projetées dans la cour.

Le fond antérieur de la chaudière ainsi projeté à 24 mètres de son emplacement primitif, et enfoncé de 1^{m},50 dans un massif de terre, était entièrement déformé et brisé par les chocs violents qu'il avait reçus. Le fond supérieur avait été lancé en sens contraire.

Les deux parties du tirant qui réunissait les deux fonds étaient séparées. L'emmanchement à fourchette était ouvert, et la clavette n'a pas été retrouvée. L'écrou correspondant au fond, demeuré adhérent au corps de la chaudière, était brisé sans doute par un des chocs auxquels il avait été exposé dans le trajet de la chaudière.

La machine à vapeur, immédiatement avant l'accident, donnait trente coups par minute, comme à l'ordinaire, suivant la déclaration du propriétaire. M. Dusouich a observé avec soin la tôle du fond détaché de la chaudière; elle ne lui a pas paru de très-bonne qualité, et il pense que ce défaut a concouru, avec la courbure de la tôle presque à angle droit, à diminuer la solidité de ce fond.

L'explosion de Saint-Saulve présente dans ses effets, et sans doute aussi dans les causes qui l'ont

déterminée, une analogie frappante avec l'explosion de Puteaux. Dans les deux cas, c'est un des fonds plats de la chaudière qui cède en se déchirant, à Puteaux, suivant la clouure, à Saint-Saulve, suivant la courbure presque à angle droit des feuilles de tôle, qui rattachent ce fond aux parois latérales de la chaudière.

N'est-il pas évident que cette courbure sur les bords n'a pas pu être donnée à un disque plat en tôle, sans produire des gerçures et sans altérer considérablement la ténacité du métal?

Le tirant qui réunissait les deux fonds de la chaudière de Saint-Saulve a dû probablement céder, dans son milieu, à l'emmanchement, sous la tension de la vapeur qui tendait à bomber les deux fonds et à allonger le tirant. La clavette ne paraît pas s'être brisée; ce serait la fourche qui se serait ouverte pour laisser passer les bouts de cette clavette courbée sous l'effort de traction. Le fond postérieur ayant ensuite cédé, il est probable que la moitié du tirant emportée par lui s'en est détachée en l'air, par suite des chocs et des vibrations violentes que ces deux corps ont éprouvés. La chaudière fonctionnait d'ailleurs comme à l'ordinaire; il est donc probable que l'explosion de Saint-Saulve a été le résultat de la tension ordinaire de la vapeur, qui a suffi pour déchirer sur son contour le fond plat postérieur, après avoir fait céder l'emmanchement du tirant qui reliait les deux fonds, et il est possible que l'épreuve légale eût mis à découvert, si elle avait eu lieu, le vice de cette chaudière. On ne serait pas fondé à combattre cette explication, par le motif que la chaudière fonctionnait depuis longtemps, sous une tension qui n'aurait pas été dépassée le jour de

l'accident; car on sait bien qu'un corps solide peut supporter longtemps un effort voisin de celui qui pourrait occasionner la rupture avant de finir par céder; et d'ailleurs, par suite de la forme plate des fonds, la chaudière dont il s'agit devait se déformer progressivement, et le tirant intérieur devait s'allonger de la même manière.

On peut dire encore que si l'explosion eût été déterminée par suite d'un abaissement du niveau de l'eau intérieur et d'une formation instantanée ou très-rapide de vapeur qui aurait été occasionnée par le contact de l'eau liquide et des parois suréchauffées, la chaudière se serait probablement déchirée suivant une ligne voisine de la surface de l'eau, et des parties suréchauffées dont la ténacité aurait été affaiblie par cette cause; la déchirure a eu lieu, au contraire, suivant le contour du fond plat, et paraît même avoir commencé par la partie inférieure de ce contour, puisque le fond a été projeté par l'action de la vapeur dans une direction inclinée de bas en haut.

Les effets destructifs produits par la détente de la vapeur dans l'établissement de Saint-Saulve, ont suggéré à M. Dusouich des observations sur les dispositions du local destiné aux chaudières des machines à vapeur.

Il pense qu'il est inutile de donner à ce local des dimensions plus grandes que celles qui sont nécessaires pour rendre le service commode; que la toiture du bâtiment devrait être très-légère; les murs placés du côté des ateliers et des maisons voisines suffisamment épais pour résister aux effets de la détente, et même des corps solides projetés par l'explosion; que les autres murs devraient être au contraire très-légers.

Il est certainement rationnel de diminuer les obstacles sur les côtés où il y a le moins de danger, et la grandeur du local affecté aux chaudières est en effet sans importance pour prévenir les suites des explosions. Ce qu'il y a de mieux à faire à cet égard, quand on le peut, c'est de placer les chaudières dans une excavation en contre-bas du sol naturel, et de construire au-dessus un bâtiment à murs peu élevés, et à toiture très-légère.

Ces dispositions, que l'administration favorise autant qu'elle le peut, en diminuant, dans ce cas, les distances à observer entre les chaudières et les bâtiments voisins, réuniront souvent l'économie à la sûreté. Malheureusement, elles ne sont pas compatibles avec les nécessités de toutes les industries qui font usage de la vapeur, et occasionneraient, dans quelques localités, des dépenses trop considérables : elles sont assez fréquemment adoptées dans le département de la Seine.

IV. *Explosion d'une chaudière établie dans l'atelier du sieur* Jacquet Robillard, *à Arras, le* 3 *février* 1841.

M. Dusouich, ingénieur des mines à Arras, fut informé par la voix publique de l'explosion de cette chaudière qui avait été établie sans autorisation, et sans avoir satisfait à aucune des mesures de sûreté prescrites par les règlements; il se transporta immédiatement dans l'atelier du sieur Jacquet, et constata les faits suivants :

La chaudière était cylindrique, à fonds presque plats, d'un diamètre de 0m,68 et d'une longueur de 1m,50; l'épaisseur de la tôle était de 4 millimètres, 2.

Elle alimentait une petite machine dont le cylindre avait $0^m,097$ de diamètre, avec une course de piston de $0^m,135$. Le volant faisait habituellement, suivant la déclaration du propriétaire, quatre-vingt-dix tours par minute.

A sa sortie du cylindre, la vapeur était conduite, par un tuyau recourbé, dans une tonne pleine d'eau, où elle se condensait. L'eau, réchauffée par la condensation de la vapeur, était prise par la pompe alimentaire menée par la machine; il n'y avait point de pompe à air. La tonne était entretenue pleine d'eau froide par les ouvriers.

La chaudière avait un flotteur, une soupape de sûreté et un manomètre fermé.

L'explosion eut lieu, suivant la déclaration du propriétaire, pendant un arrêt de la machine. Un des fonds plats fut déchiré sur tout son contour, et lancé d'un côté; le reste de la chaudière recula du côté opposé, alla frapper un mur de $0^m,12$ d'épaisseur, situé à la distance de $1^m,60$ qu'il renversa, démonta un escalier en sapin qui se trouvait derrière le mur dans l'habitation voisine, et s'arrêta là.

Les autres dégâts consistèrent en quelques vitres brisées; le sieur Jacquet fut seul blessé par une échelle qui fut renversée et le frappa au front. Les murs du local de la chaudière étaient couverts d'une légère couche de boue déposée par l'eau qui avait été lancée de tous côtés à la suite de la rupture de la chaudière.

Le manomètre était brisé. Le sieur Jacquet déclara qu'au moment de l'explosion il n'indiquait aucun excès de pression de la vapeur sur la pression atmosphérique; mais qu'après l'accident on avait reconnu que le tube de communication entre

le manomètre et la chaudière était obstrué par un dépôt argileux.

Une obstruction semblable existait dans le conduit aboutissant à la tubulure qui portait la soupape, et avait empêché le jeu de celle-ci. Le propriétaire déclara que le manomètre n'indiquait, dans la marche habituelle, qu'une pression d'une atmosphère et demie à deux atmosphères, et que la soupape, chargée de deux cylindres en plomb, pesant ensemble 10 kilog., se soulevait pour une pression totale de 2 atmosphères $\frac{1}{4}$. M. Dusouich a constaté l'inexactitude de cette déclaration, en ce qui concernait la soupape de sûreté. Il a mesuré l'orifice de la tubulure, qui avait 19 millimètres $\frac{1}{2}$ de diamètre. Il a retrouvé un des cylindres de plomb qui pesait $7^k,10$; le second cylindre n'a pu être retrouvé. Or, une charge de 10 kilog. sur un orifice de 19 millim. $\frac{1}{2}$ de diamètre, donne $3^k,33$ par centimètre carré superficiel. La soupape ne devait donc s'ouvrir que sous une tension de la vapeur de 4 atmosphères $\frac{1}{4}$.

M. Dusouich examina le fond en tôle qui avait été séparé de la chaudière, et trouva que la tôle avait une texture cristalline annonçant un fer de mauvaise qualité; il remarque que l'épaisseur de la tôle, pour le diamètre de la chaudière et la charge de la soupape, aurait dû être de 6 millimètres $\frac{1}{4}$, d'après les instructions annexées aux règlements, au lieu de 4 millim. $\frac{1}{4}$; que la rupture a pu avoir lieu sous une faible pression, à cause de la faible ténacité que présentaient les bords recourbés presque à angle droit des fonds plats en tôle, et il pense que l'épreuve préalable de la chaudière, par la pompe de pression, aurait

vraisemblablement mis en évidence les défauts de cette chaudière.

Il ajoute que cet accident a montré que le jeu des manomètres, et même des soupapes, peut être quelquefois empêché par des obstructions provenant des matières boueuses tenues en suspension dans l'eau, et que les mécaniciens et propriétaires de machines doivent se tenir en garde contre la possibilité de ces obstructions lorsqu'ils font usage d'eaux limoneuses.

L'explosion d'Arras est tout à fait analogue à celles de Puteaux et de Saint-Saulve. Les formes des chaudières sont les mêmes; la rupture s'opère de la même manière, dans le collet recourbé qui joint un des fonds plats à la partie cylindrique de la chaudière. Les effets de l'explosion sont moins étendus, moins graves à Arras, parce que la pression qui a produit la rupture est plus faible, et surtout parce que la masse d'eau chaude contenue dans la chaudière est beaucoup moins considérable.

V. *Explosion d'une chaudière de machine à vapeur, placée sur une carrière d'ardoises de la commune d'Avrillé, près d'Angers* (Maine-et-Loire).

Cette explosion eut lieu dans la nuit du 26 au 27 avril 1839, à trois heures du matin. M. Le chatelier, ingénieur des mines de l'arrondissement, était alors en tournée, et ne put se transporter sur les lieux que quinze jours après l'événement; il a adressé à M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics un rapport détaillé, avec un plan de la localité et des dessins de la chaudière, avant et après l'explosion. (Voir *Pl. IV.*)

La chaudière, sortie des ateliers de M. Burelle de Nantes, était cylindrique, terminée par des calottes hémisphériques, et avait deux tubes bouilleurs en tôle :

	mèt.
Le diamètre de la chaudière était de. . .	0,90
Celui des bouilleurs de.	0,38
La longueur de la chaudière était de. . .	4,70
Celle des bouilleurs de.	5,00

La tôle de la chaudière avait 0^m,009 d'épaisseur;

Celle des bouilleurs était plus forte.

Cette chaudière avait été établie au mois d'octobre 1837; l'essai par la pompe de pression avait été fait le 14 novembre 1838, un an après l'établissement, et cinq mois avant l'explosion. Elle avait très bien soutenu une pression d'eau effective de 12 atmosphères, et avait été en conséquence timbrée à 5 atmosphères. Toutes les conditions de sûreté prescrites par les ordonnances avaient été remplies. Ainsi, il y avait deux soupapes de sûreté de 0^m,052 de diamètre pour une surface de chauffe de 17 mètres carrés, deux rondelles fusibles, l'une à 163, l'autre à 173°; elle était munie en outre d'un manomètre et d'un flotteur. La machine avait une force de 10 chevaux, plus que suffisante pour l'épuisement des eaux de la carrière auquel elle était destinée. M. Lechatelier remarque en outre que les eaux étaient peu abondantes à l'époque de l'explosion, et il en conclut qu'il n'y avait aucun motif de surcharger les soupapes de sûreté, et qu'au contraire il est fort probable que l'on n'avait pas besoin de pousser la tension de la vapeur à plus de 2 atmosphères $\frac{1}{2}$; enfin, la chaudière avait été nettoyée deux jours avant l'accident.

La machine était renfermée dans une petite

chambre fermée par des cloisons légères en briques, et faisant partie d'un bâtiment clos sur deux faces par des murs en pierres de $0^m,60$ d'épaisseur, et, sur les deux autres faces, par de simples cloisons en planches. La cheminée, adossée à l'un des murs du bâtiment et au massif du fourneau, avait 15^m de hauteur, et 2^m de largeur à sa base. Dans l'un des angles du bâtiment était un petit cabinet et un lit pour le chauffeur qui n'était pas de service. (Voir le plan, *Pl. IV*, *fig.* 2.)

Le 26 avril 1839, l'un des chauffeurs, s'étant absenté, fut remplacé par un nommé Jean-François, forgeron de la carrière, qui avait déjà chauffé plusieurs fois, mais qui était peu exercé, et passait en outre pour être ivrogne. François commença sa pose à minuit, et le chauffeur de jour fut se coucher sur le lit dont nous avons parlé, où il dormait au moment de l'explosion.

A trois heures du matin, le clerc d'à bas (surveillant des travaux du fond), qui logeait dans la maison de direction située à 200 mètres de distance, entendit une détonation très-forte; il s'habilla à la hâte et courut à la machine, où il arriva deux ou trois minutes après l'explosion. La cheminée était renversée, le bâtiment rasé; auprès de ces ruines était le cadavre de François. Le chauffeur qui dormait sur le lit était enseveli sous les décombres et poussait des cris de détresse; le surveillant courut à son secours, et le dégagea. Il n'avait d'autre blessure qu'une brûlure à la joue, produite par un morceau de coke embrasé, ou de fer rougi. D'autres personnes, réveillées par le bruit de l'explosion, accoururent sur les lieux, et on examina de plus près les effets de l'explosion.

Le cadavre du chauffeur était au point E du

plan, couché sur le dos, les pieds en avant; il était tout brûlé : la partie postérieure du crâne était emportée. Les bouilleurs restaient intacts sur les débris du fourneau; ils étaient seulement tombés sur le devant, et un peu déviés de leur direction. L'eau chaude jaillissait encore par les tubulures, au moment de l'arrivée du surveillant. Une feuille de tôle entièrement développée et formant un anneau complet du cylindre était demeurée attachée aux tubulures. Cette feuille est désignée par le n° 1 sur les *fig.* 3 et 4, *Pl. IV*. La partie postérieure de la chaudière, formant plus de la moitié de celle-ci, fut retrouvée à la distance de 190 mètres, au pied d'un gros chêne, qui l'avait arrêtée dans son trajet; elle pesait 675 kilog. La calotte opposée, à laquelle adhérait seulement une bande annulaire de tôle marquée du n° 1 sur la *fig.* 4, *Pl. IV*, avait été lancée jusqu'au point C du plan, à la distance de 70 mètres. Les feuilles de tôle, 3, 4 et 5, furent retrouvées, dans l'intervalle, au point D : elles n'étaient plus que faiblement adhérentes les unes aux autres. Une assez grande quantité d'eau avait été projetée avec le corps de chaudière; car l'espace G du plan a été trouvé couvert d'eau, et était encore mouillé deux heures après l'événement. A l'arrivée de M. Lechatelier, il a pu voir encore sur les ardoises empilées dans le voisinage de l'espace G, les traces que le dépôt contenu dans l'eau y avait laissées.

La partie postérieure de la chaudière, avant de s'arrêter au pied du chêne B, avait frappé le sol au point 1 où elle avait laissé une empreinte de $0^m,50$ de profondeur sur $1^m,50$ de long; elle avait ensuite ricoché, rompu deux souches d'arbres 2 et 3 et frappé le chêne B, dont elle avait entamé l'écorce à 2 mè-

tres au-dessus du sol. Les feuilles de tôle *a*, *b*, et *c* de la calotte qui terminait la chaudière étaient aplaties et rentrées en dedans par les chocs violents qu'elles avaient éprouvés.

Les parties de la chaudière ont été toutes retrouvées, et conservées jusqu'à l'arrivée de M. Lechatelier qui a pu les dessiner, et retrouver, en reconstruisant la chaudière avec les morceaux détachés, les lignes de rupture, qu'il a indiquées dans la *fig.* 3, et dans la *fig.* 4 qui représente le développement de la partie cylindrique de la chaudière sur un plan horizontal. Le cylindre est supposé ouvert suivant la génératrice située entre les tubulures des bouilleurs et la surface extérieure en dessus.

Les rondelles fusibles n'ont point été fondues. La plus fusible a été comprimée dans les intervalles de la grille en fer qui la consolide, sans apparence de fusion; les soufflures du métal ont à peu près 10 millimètres de hauteur. L'autre rondelle n'a été que très-peu déformée, et cela probablement dans l'acte même de l'explosion.

On voit par les *fig.* 3 et 4, *Pl. IV*, que la chaudière s'est rompue suivant trois cercles parallèles aux bases du cylindre, et que ces lignes de rupture se trouvent dans le voisinage du tuyau alimentaire, du foyer et des tubulures des bouilleurs. Les cercles de rupture sont en outre réunis par une ligne de rupture horizontale, qui se trouve à peu près au milieu de la hauteur de la chaudière, et un peu au-dessous du niveau de l'eau. Enfin toutes les lignes de rupture principales parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la chaudière sont parallèles aux lignes d'assemblage des feuilles de

tôle au moyen de rivets, et très-voisines de ces lignes.

Les eaux extraites de la carrière d'ardoises et qui servaient à alimenter la chaudière sont très-sensiblement acides, et chargées de sels.

D'après les recherches qu'a faites M. Lechatelier, elles contiennent des sulfates de peroxyde de fer, de chaux et de magnésie, des chlorures en quantité notable, et en outre de l'acide sulfurique libre. Elles rougissent le papier de tournesol, et, ce qui est un signe plus positif d'acidité, elles attaquent rapidement un morceau de fer qu'on y plonge, avec dégagement très-sensible d'hydrogène.

M. Lechatelier a donc examiné avec soin les feuilles de tôle, sur la partie interne de la chaudière : il a trouvé que dans les parties en contact avec l'eau, l'épaisseur de la tôle avait été réduite, de 9 millimètres, à 5 millimètres d'épaisseur maximum. Près des clouures, les feuilles de tôle avaient conservé leur épaisseur sous les parties protégées par les rivets, qui avaient été eux-mêmes rongés; cet état de choses est représenté par la *fig.* 6, *Pl. IV*, qui fait voir l'état des joints, dans toute la moitié inférieure de la chaudière. Sur quelques joints, et notamment près des tubulures des bouilleurs, l'amincissement était bien plus considérable encore.

Ainsi, au point *m*, *fig.* 4, l'épaisseur de la tôle n'était pas même d'un millimètre. Elle était aussi très-fortement amincie aux points *p* et *q* où aboutissaient les attaches qui liaient la chaudière à la maçonnerie du fourneau.

Malgré les détériorations qu'il a reconnues dans la chaudière, M. Lechatelier ne pense pas qu'elle

ait cédé sous la pression ordinaire de la vapeur, eût-elle été portée à 5 atmosph. Il dit que l'amincissement de la tôle a ordinairement pour effet de produire une déchirure qui donne lieu à une fuite d'eau, sans être suivie d'explosion. La chaudière employée avant celle dont il s'agit en est un exemple. Elle n'avait point de bouilleurs; sa forme était celle d'un cylindre aplati en dessous, d'un diamètre de $1^{m},30$. Elle était timbrée à quatre atmosphères. De temps en temps, il se déclarait des fuites qui n'ont jamais occasionné d'accidents. On les fermait, en remplaçant les feuilles de tôle détériorées, et l'on est ainsi parvenu à faire durer la chaudière quatre ou cinq ans.

D'un autre côté, les effets épouvantables de l'explosion, la projection de la chaudière à une distance de près de 200 mètres, après avoir renversé la cheminée en maçonnerie, dont le socle seul est resté debout, sur une hauteur d'un mètre, et rompu deux troncs d'arbre, les déchirures simultanées de la chaudière suivant trois cercles parallèles à la base, ne lui paraissent pouvoir s'expliquer que par une énorme augmentation de la pression intérieure.

M. Lechatelier suppose donc que François aura négligé la conduite du feu, qu'il aura fortement chargé le foyer de combustible, et puis qu'il se sera endormi; qu'alors la tension de la vapeur aura augmenté de manière à ce que les soupapes se soient soulevées et aient donné issue à un mélange d'eau et de vapeur formé par l'ébullition tumultueuse. Ce mélange serait aussi arrivé dans la machine, et la chaudière se serait en partie vidée, parce que la pompe alimentaire aurait été insuffisante pour remplacer l'eau écoulée; le jeu de la

machine aurait fini par se ralentir par suite de l'épuisement de l'eau de la chaudière, et les parois de celle-ci, dénudées d'eau, seraient arrivées à une température élevée. Si dans ce moment François s'est réveillé, il se sera pressé d'alimenter, et la formation rapide de la vapeur par l'injection de l'eau sur les parois suréchauffées expliquerait l'explosion.

Ces suppositions n'ont certainement rien que de très-naturel, et les choses ont pu se passer ainsi. Cependant, on pourrait objecter qu'une grande quantité d'eau a été projetée par l'explosion même, en G, à une assez grande distance du foyer, et sur le trajet que le corps de la chaudière lancé par l'explosion a dû parcourir; que cette eau ne pouvait venir ni des bouilleurs qui étaient encore presque pleins au moment de l'arrivée du surveillant du fond, ni du réservoir supérieur à la chaudière qui a été renversé en dedans de l'atelier; qu'une marche aussi anormale de la chaudière et de la machine, surtout le bruit de l'eau sortant par les soupapes de sûreté, aurait dû réveiller le chauffeur qui dormait tranquillement à côté de la chaudière, qui n'a été au contraire réveillé que par le fracas de l'explosion et la ruine du bâtiment, et n'a pu fournir aucun renseignement sur ce qui s'était passé. M. Lechatelier a lui-même indiqué la difficulté d'expliquer la projection d'une grande quantité d'eau dans l'espace G. Il ajoute que le constructeur de la machine, qui est arrivé sur les lieux trois heures après l'explosion, a reconnu que le robinet d'alimentation était ouvert, et la pompe alimentaire en bon état, ce qui du reste ne serait point une objection contre l'explication des faits qu'il présente.

Les circonstances qui ont immédiatement précédé l'explosion étant demeurées tout à fait inconnues, il est impossible de remonter d'une manière certaine à ses causes directes. L'explication donnée par M. Lechatelier est probable; mais on peut aussi en donner une autre qui me paraît même s'accorder mieux avec l'ensemble des faits observés. Je me permettrai de la développer, parce qu'il me semble important de montrer que les projections de chaudières à des distances de 150 à 200 mètres, et les autres effets destructeurs des explosions, ne prouvent pas qu'il y ait eu une augmentation de tension énorme, préalablement à l'accident, comme le croient beaucoup de personnes. Tous les effets de l'explosion d'Avrillé peuvent en effet se concevoir en admettant que la tension de la vapeur dans la chaudière n'a jamais dépassé celle de 5 atmosphères, qui correspondait à la charge des soupapes de sûreté, si celle-ci a suffi pour surmonter la résistance des parois, et produire la première rupture.

Des faits observés il paraît résulter que les déchirures de la chaudière n'ont point été simultanées, mais successives. Je crois qu'il s'est fait d'abord une déchirure suivant la ligne horizontale *xy*, *fig.* 3, *Pl. IV*, dans une partie où la tôle était fortement amincie. Cette ligne de rupture se serait prolongée horizontalement, si elle n'eût pas rencontré des lignes de moindre résistance qui lui étaient perpendiculaires; les deux anneaux fendus *xy* se sont alors ouverts en se déchirant suivant des circonférences de cercle parallèles aux lignes de rivets; les deux parties antérieure et postérieure sont ainsi demeurées liées, pendant le premier instant, sur le côté opposé à

la déchirure horizontale xy, et peut-être en dessous, par le lambeau de tôle qui est resté adhérent aux tubulures des bouilleurs; cela explique comment elles ont été lancées dans des directions qui ne sont point opposées, et qui forment l'une et l'autre un angle très-marqué avec l'axe de la chaudière. Si les déchirures suivant des cercles s'étaient faites sur tout le contour à la fois, les parties disjointes auraient été évidemment projetées dans des sens opposés, suivant les prolongements de cet axe.

En supposant que la chaudière ait contenu, au moment de la rupture, un volume d'eau égal à la moitié de sa capacité, comme dans sa marche habituelle, il y aurait eu environ 1400 litres, ou 1400 kilogrammes d'eau, sans compter celle que renfermaient les bouilleurs. Une partie de cette eau a pu être projetée en masse, au moment de l'explosion, par la force expansive de la vapeur sortant soit de la chaudière, soit des tubulures des bouilleurs, et aller retomber en G, où le sol a été trouvé mouillé; peut-être aussi une partie de la masse aqueuse a suivi, dans le mouvement de recul, le corps principal de chaudière, et a pu se vider pendant le trajet. Toutefois la première explication est plus vraisemblable, parce que la chaudière rompue se trouvant ouverte sur toute l'étendue de la section transversale, il semble que le corps de la chaudière et la masse d'eau demeurée à l'état liquide, ont dû prendre sinon aussitôt après l'explosion, du moins peu de temps après, et à une petite distance, des vitesses en sens opposé.

Quoi qu'il en soit, il est évident que la force expansive de la vapeur contenue dans 1400 litres

d'eau à la température de 153°, qui correspond à la charge des soupapes et à la tension intérieure de 5 atmosphères, est bien plus que suffisante pour expliquer la projection à 200 mètres de distance environ du corps de cette chaudière pesant 675 kilogrammes, et les autres effets décrits dans le rapport de M. Lechatelier.

En effet un kilogramme d'eau à la température de 153° contient 53 unités de chaleur au-dessus de 100°, température correspondante à une tension de la vapeur capable de faire équilibre à la pression atmosphérique. De là résulte qu'il peut être regardé comme composé de $\frac{53}{650}=0^{kilog.},0963$ de vapeur, et de $0^{kilog.},9037$ d'eau liquide conservant encore la température de 100° (je suppose qu'un kilog. de vapeur à son maximum de densité renferme 650 unités de chaleur, quelles que soient la pression et la température, ce qui est suffisamment exact pour les recherches pratiques : la physique ne nous offre pas d'ailleurs de données plus précises à cet égard).

Ainsi les $0^{k.},0963$ de vapeur contenus dans chaque kilogramme d'eau chaude peuvent être supposés conserver, en se développant, la température de 153° et la tension correspondante de 5 atmosphères. Les 1400 kilogrammes d'eau renfermés dans la chaudière peuvent donc former, avec leur propre chaleur, l'eau restée liquide conservant encore la température de 100°, $1400 \times 0,0963 = 136^{k.},82$ de vapeur, à la tension totale de 5 atmosphères, ou de 4 atmosphères en sus de la pression atmosphérique (1).

(1) M. Pouillet, dans ses leçons au Conservatoire des arts et métiers, a considéré le travail moteur que la va-

Si cette vapeur agissait sur un piston pressé sur sa face opposée par l'atmosphère, elle le pousserait avec une force de 40,000 kilogrammes par mètre carré superficiel; et comme 1 kilogramme de vapeur à 5 atmosphères de tension et à son maximum de densité doit occuper un espace de 400 litres à peu près (1), 134k.,82 de vapeur sont susceptibles d'occuper, en se développant, un volume de 53,928 litres ou 53 mètres cubes, 928;

---

peur contenue dans l'eau portée à une température supérieure à 100° est susceptible de développer, comme pouvant expliquer ces ruptures de chaudières, qui ont suivi l'ouverture d'une large issue offerte à la vapeur. Il pense que l'eau projetée avec violence, contre les parois, par la force expansive de la vapeur intérieure, au moment où la pression sur la surface de la masse aqueuse est tout à coup supprimée par l'ouverture d'une issue, peut rompre ces parois.

L'explication donnée par ce savant physicien ne me paraît pas applicable aux accidents de Puteaux, de Saint-Saulve, d'Arras et d'Avrillé, où la rupture a été déterminée très-probablement par une tension intérieure qui a dépassé la résistance des parois, et non par des chocs. Ce sont les effets consécutifs à la rupture que j'attribue au travail dû à l'expansion de la vapeur.

Toutefois, il y a entre les idées que M. Pouillet a bien voulu me communiquer et celles qui sont développées ici, cette analogie, que tous les effets sont considérés comme étant dus à la vapeur condensée, si l'on peut s'exprimer ainsi, dans l'eau chauffée au-dessus de 100°, et n'agissant qu'à une tension égale ou peu supérieure à celle qu'elle possède habituellement dans la chaudière.

(1) Je prends dans le tableau des volumes relatifs de la vapeur, dressé par M. de Pambour, page 67 du Traité des machines locomotives, 400 pour le volume relatif de la vapeur sous la pression totale de 5 kilog. par centimètre carré superficiel. Ces nombres, sans être rigoureusement exacts, sont suffisants pour des calculs approximatifs, comme ceux que nous entreprenons.

c'est-à-dire que la vapeur, en se formant sous une pression de 5 atmosphères, serait capable de pousser un piston d'un mètre carré de surface à une distance de 53m,928, en exerçant sur lui une pression constante de 40,000 kilogrammes et développant par conséquent un travail moteur de 2,157,120 kilogrammes élevés à un mètre. Cette vapeur est en outre susceptible de fournir, par la détente, depuis 5 jusqu'à 1 atmosphère, une quantité de travail qui serait, en négligeant l'abaissement de la température résultant de la dilatation, et en appliquant la loi de Mariotte, des tensions en raison inverse des volumes, exprimée par le produit : 50,000 × 53,928 × log. hyp. 5 — 2,157.120 = 2.190.280 kil. élevés à un mètre; c'est-à-dire que le travail moteur dû à la détente de la vapeur serait encore un peu supérieur à celui qui est développé par sa formation. Sans doute, il y a une fort grande réduction à faire sur ce chiffre, à cause de l'abaissement de la température résultant de la propre dilatation de la vapeur et de la chaleur communiquée à l'air dans lequel elle se répand; mais aussi la quantité de travail que la vapeur contenue dans la masse d'eau chauffée à 153° peut fournir par sa formation ou par sa détente jusqu'à la pression atmosphérique d'après les calculs ci-dessus, est-elle bien plus que suffisante pour produire les effets observés après l'explosion de la chaudière d'Avrillé.

On pourrait penser que presque tout le travail moteur développé par la vapeur doit être employé à imprimer une énorme vitesse à l'eau vaporisée ou liquide, et qu'une très-faible partie de ce travail porte sur les parties solides de la chaudière

rompue. Mais on est conduit, par un examen attentif, à une conclusion différente.

D'abord, au moment même de la rupture, la tension de la vapeur étant de 5 atmosphères, surpasse la pression atmosphérique de 40.000 kilogrammes par mètre carré superficiel. La section transversale de la chaudière d'Avrillé étant un cercle de $0^m,90$ de diamètre, la surface est $0^m,6362$; les deux parties disjointes de la chaudière sont en conséquence repoussées avec une force de $0.6362 \times 40.000 = 25.448$ kilogrammes. Si la tôle affaiblie par l'amincissement a cédé sous cette pression, celle-ci n'a pas dû diminuer sensiblement après la rupture, et elle a été plus que suffisante pour démolir la maçonnerie du fourneau, rompre les attaches et détacher la chaudière. Le fond antérieur détaché de la chaudière avec les feuilles de tôle contiguës, aura été poussé en avant avec une certaine quantité d'eau liquide, et la vapeur formée aura communiqué à l'air qui remplissait le local de la machine, un ébranlement suffisant pour renverser les murs, la toiture, déterminer les projections des matériaux, etc. C'est à ce même moment que je conçois qu'une portion de la masse d'eau qui correspondait à la partie rompue de la chaudière, et qui se trouvait au-dessus des tubulures des bouilleurs, aura été projetée du côté de l'espace G par la force expansive de la vapeur dégagée de l'eau contenue dans les bouilleurs qui n'ont pas été rompus. Quant au corps principal de la chaudière, on peut concevoir qu'après la rupture, il s'est trouvé libre, contenant encore à peu près les 2/3 de la quantité totale d'eau que la chaudière contenait, c'est-à-dire

environ 900 kilog. d'eau, à la température de 153° susceptible de former de la vapeur à une pression de 5 atmosphères. Eh bien! concevons que la vapeur se soit formée dans le fond, près de la calotte de la chaudière, et qu'elle ait repoussé en sens inverse la chaudière métallique pesant 675 kilog., et la masse d'eau antérieure du poids de 900 kilog. environ. La force répulsive, d'après ce qui a été dit, a dû être de $40.000 \times 0,6362 = 25.448$ kilog. Si cette force était demeurée constante, le corps de la chaudière aurait pris un mouvement uniformément accéléré en arrière, et la masse aqueuse un mouvement uniformément accéléré en avant.

Les vitesses acquises dans ce mouvement auraient été respectivement égales aux produits des masses par la force impulsive et les durées de son action; et les espaces parcourus auraient été égaux à la moitié des produits des vitesses finales par les durées des temps. On peut donc former le tableau suivant.

Tableau des vitesses acquises, et des espaces parcourus dans les intervalles de temps suivants, par la chaudière et la masse liquide, poussées par une force impulsive de **25.448** *kilogrammes.*

INTERVALLES de temps en secondes t.	VITESSE acquise par la chaudière pesant 675 kilogr. $V=\frac{25448}{675}gt$.	ESPACE parcouru par la chaudière dans le sens de la force impulsive $e=\frac{25448}{675}g\frac{t^2}{2}$.	VITESSE acquise par la masse d'eau pesant 900 kilog. $V'=\frac{25448}{900}gt$.	ESPACE parcouru par la masse d'eau dans le sens de la force impulsive $e'=\frac{25448}{900}g\frac{t^2}{2}$.
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
1/100	3,698	0,01849	2,7735	0,01386
2/100	7,396	0,07396	5,547	0,05544
4/100	14,792	0,29584	11,094	0,22176
8/100	29,584	1,19326	22,188	0,88704
10/100	36,98	1,849	27,735	1,386
15/100	55,47	4,160	41,602	3,1185
20/100	73,96	7,396	55,570	5,557
25/100	92,45	11,556	69,34	8,66

Il résulte de ce tableau :

Qu'abstraction faite de la résistance de l'air et autres résistances extérieures, la chaudière et la masse liquide auraient acquis au bout de $\frac{8}{100}$ de seconde desvitesses opposées qui, estimées suivant l'axe de la chaudière, seraient respectivement de $29^{m},584$ et 22,188 par seconde. La somme des espaces parcourus en sens inverse par la masse liquide et le tronçon de chaudière serait au bout du même temps :

$1^m,19336 + 0,8704 = 2^m,06376$, longueur plus petite que celle du tronçon postérieur de la chaudière, de sorte qu'alors la totalité de l'eau ne serait point encore dégagée de la concavité de la chaudière.

Au bout de $\frac{1}{10}$ de seconde, la vitesse acquise par le tronçon de la chaudière serait de $36^m,98$; mais la totalité de l'eau considérée comme une masse dont le volume reste constant, se serait dégagée un peu avant ce terme, et il semble que l'eau une fois sortie par la partie antérieure, la pression ne peut plus s'exercer contre le fond.

Mais la masse aqueuse ne conserve pas un volume constant et ne peut être chassée de la chaudière, comme le serait un tampon solide. Cette masse, dont le poids est d'environ 900 kilog., contient $900 \times 0,0963 = 86^{\text{kilog.}},67$ de vapeur, qui, sous la tension de 5 atmosphères, occupent un volume de $86,67 \times 400 = 34.668$ litres ou 34 mètres cubes, 668.

Elle doit donc s'étendre, par suite du développement de la vapeur aussitôt après la rupture de la chaudière, en comprimant l'air extérieur contigu à la section de rupture. On peut l'assimiler à une série de couches ou lames solides, entre lesquelles seraient interposées des ressorts tendus et susceptibles de porter les lames à une distance égale à environ $\frac{34,668}{0,9} = 38\ 1/2$ fois leur distance primitive, sans que leur tension diminue sensiblement. (Cette distance une fois dépassée, la tension décroîtrait rapidement.) La vitesse imprimée aux lames voisines de la section de rupture se communique à l'air contigu, qui est en même temps fortement comprimé. Il résulte de là que la masse aqueuse doit s'allonger, à mesure que le

tronçon solide de la chaudière recule; que la pression, qui peut être considérée comme à peu près égale à 5 atmosphères dans une certaine tranche de cette masse où la vitesse serait nulle, décroît progressivement de part et d'autre de ce point, jusqu'au fond de la chaudière d'une part, et de l'autre jusqu'à l'extrémité antérieure, où elle est encore très-supérieure à la pression atmosphérique ordinaire; enfin qu'une partie de l'eau suit d'abord la chaudière dans son mouvement de recul, pour prendre plus tard un mouvement en sens inverse. Si les choses se passent ainsi, la vitesse de la chaudière croîtra, il est vrai, moins rapidement que ne l'indiquent les calculs qui précèdent, mais la vitesse imprimée à la masse liquide sera surtout diminuée par la résistance de l'air sur lequel elle s'appuie; la pression de la vapeur sur le fond de la chaudière se continuera plus longtemps, et en définitive le travail développé par l'expansion de la vapeur se partagera entre la chaudière et l'eau, dans des proportions plus favorables à la chaudière que ne l'indiquent les calculs précédents. Ce serait d'ailleurs, je crois, une tentative inutile que de chercher à les rendre plus rigoureux.

Je me bornerai donc à ajouter, 1° que le renversement de la cheminée est facile à expliquer par les considérations précédentes: cette cheminée devant se trouver à une distance de 2 à 3 mètres au moins en arrière de la chaudière, a du être frappée par celle-ci, lorsqu'elle était animée d'une vitesse voisine de 40 à 50 mètres par seconde. Or on comprend très-bien qu'une masse de 675 kilog., animée de 40 à 50 mètres de vitesse, renverse une cheminée.

2° Que d'après les lois connues de la mécanique,

une vitesse initiale de 62 mètres par seconde suffirait pour porter un projectile qui serait lancé sous une inclinaison de 15 degrés seulement à l'horizon, à une distance de 200 mètres, abstraction faite de la résistance de l'air, qui pour des vitesses aussi faibles n'exerce pas une très-grande influence, tandis qu'il est très-concevable que l'action de la vapeur ait pu imprimer à notre chaudière une vitesse initiale de 92 mètres, vitesse qui n'aurait été acquise qu'après un parcours d'une dizaine de mètres sous l'action de la force impulsive.

3° Que la demi-force vive correspondante à une vitesse de $92^m,45$ imprimée à la chaudière, et de $69^m,34$ imprimée à une masse aqueuse du poids de 900 kilog., est seulement égale à :

$$\frac{1}{2}\left(\frac{675}{9.8088}\times 92,45^2+\frac{900}{9.8088}\times 69,34^2\right)=514.662.$$

Or la vapeur contenue dans les 900 kilog. d'eau à 153° que nous avons supposés contenus dans le tronçon postérieur de la chaudière, forme, d'après les calculs déjà présentés, un poids de $900 \times 0,0963 = 86^{k.},67$, qui par leur formation seule sont susceptibles de développer un travail moteur égal à $40.000 \times \frac{86,67 \times 400}{1000} = 1.386,720$ kilog. élevés à un mètre de hauteur. La demi-force vive calculée ci-dessus n'est que les $\frac{37}{100}$ de ce travail moteur. Ainsi les déductions que nous venons de présenter n'ont rien que de naturel et de conforme aux principes de la mécanique.

Il n'est donc pas certain que l'explosion d'Avrillé ait été déterminée, comme le croit M. Lechatelier, par un développement rapide de vapeur dû à l'abaissement du niveau de l'eau et au suréchauffement des parois ; et même, l'état de dégradation

de la chaudière, minutieusement constaté par cet habile ingénieur, tend à faire croire que la rupture a eu lieu sous une pression de la vapeur qui ne dépassait pas la charge des soupapes. Enfin, si l'on veut bien réfléchir qu'il est impossible d'admettre que la totalité ou seulement une partie notable de l'eau contenue dans une chaudière soit élevée tout à coup à une température beaucoup plus élevée que celle qui correspond à la pression déterminée par la charge des soupapes, on en conclura, sans que nous ayons besoin d'insister sur ce point, que l'augmentation rapide de tension déterminée par l'arrivée de l'eau sur les parois suréchauffées peut être, conformément à l'opinion généralement admise, une cause de rupture de chaudières, d'ailleurs très-solides, très-bien construites, mais que cette augmentation de tension ne peut pas ajouter beaucoup aux effets de projection et de destruction qui suivent la rupture. Ces effets ne sont pas le résultat d'un simple accroissement de pression, quelque énorme qu'il soit. Il faut, pour les produire, une pression prolongée, pendant que les corps lancés cèdent à cette pression ; en un mot il faut un travail moteur, et celui qui peut être dû à la vapeur et à la petite portion d'eau suréchauffées, ou plus exactement à la quantité de chaleur emmagasinée dans les parois solides de la chaudière, sera généralement, dans les chaudières à haute pression, une petite fraction de celui que peut développer la masse d'eau totale contenue dans la chaudière, et amenée à la température correspondante à la pression déterminée par la charge des soupapes (1).

(1) Ainsi on admettra sans doute qu'en supposant que,

Quoi qu'il en soit, cet accident, sur lequel j'ai cru devoir insister pour combattre l'opinion que j'ai souvent entendu émettre, que les effets des explosions de chaudières ne pouvaient s'expliquer que par des pressions intérieures énormes, approchant de celle qui est déterminée par l'inflammation de la poudre dans l'âme des bouches à feu, met en évidence le danger d'alimenter les chaudières à haute pression avec des eaux acides qui attaquent rapidement la tôle et diminuent chaque jour son épaisseur et sa ténacité. Les chaudières à très-basse pression, 1 atmosphère 1/4 ou 1 atmosphère 1/2, ne présentent point le même danger : l'explosion est impossible, pourvu que le chauffeur ne surcharge pas les soupapes et maintienne le niveau de l'eau au-dessus des carneaux qui conduisent la fumée et les gaz chauds. L'action des eaux sur la tôle donne seulement lieu à des fuites d'eau fréquentes, et leur entretien devient une source considérable de dépenses.

---

dans la chaudière d'Avrillé, 200 kilog. de fer aient été portés à la température de 500°, on fait une hypothèse exagérée sur le suréchauffement possible des parois. Cependant, admettons que cela ait eu lieu ainsi. La capacité spécifique du fer étant prise pour unité, 200 kil. de fer, en se refroidissant de 500 à 153°, c'est-à-dire de 347°, pourront céder à l'eau $200 \times 347 \times 0{,}12 = 8328$ unités de chaleur seulement. Ces 8328 unités de chaleur, en se portant sur un petit volume d'eau supposé déjà à 153°, dont chaque kilogramme exige par conséquent 497 nouvelles unités de chaleur pour passer à l'état de vapeur, ne peuvent former que $\frac{8328}{497} = 16{,}75$ kilog. de vapeur, tandis que la masse d'eau chaude à 153° contenue dans la chaudière remplie jusqu'à son niveau normal, contient, ainsi que nous l'avons vu, assez de chaleur pour former plus de 134 kil. de vapeur. D'ailleurs, ce n'est pas instantanément que le fer échauffé cède sa chaleur à l'eau.

Les exemples ne manquent pas, et je puis citer quelques mines de houille du département de la Loire (presque toutes celles où il y a des couches incendiées), celles de Rochebelle (Gard), etc., où sont installées des chaudières à basse pression (1), alimentées par des eaux très-acides, sans qu'il y ait jamais eu d'explosion.

Mais l'entretien des chaudières et même des machines à vapeur y est extrêmement dispendieux.

Je ne vois guère d'autre remède à ces inconvénients que l'alimentation avec de l'eau distillée; les machines à condensation extérieure, ou à condenseur fermé, dont l'usage commence à se répandre dans l'industrie, satisfont à cette condition, et seront probablement bientôt les seules dont on fera usage dans les circonstances dont il s'agit.

Résumé et conclusions générales.

En résumé, sur les cinq accidents dont nous venons de rendre compte, trois appartiennent à des chaudières qui n'avaient pas été soumises à la pression d'épreuve prescrite par les règlements, et que l'on peut regarder comme offrant des vices graves de construction, dont cette épreuve aurait probablement fait justice. Il est évident que les fonds plats recourbés presque à angle droit sur leur contour, pour se joindre à la partie cylindrique des chaudières, sont une disposition mauvaise, lorsque les chaudières doivent supporter des pressions intérieures un peu considérables.

(1) La tension de la vapeur ne dépassait pas dans ces chaudières, alimentées par la pression d'une colonne d'eau de 4 à 5 mètres au plus, une atmosphère et demie.

Il est impossible de recourber ainsi les bords d'un disque en tôle, sans le gercer, sans détruire son élasticité. Ce mode de construction doit donc être rejeté par les mécaniciens, ou du moins appliqué avec discernement et des précautions particulières.

Une des explosions, celle d'Avrillé, peut s'expliquer par l'amincissement progressif de la tôle dû à l'action des eaux acides, et la diminution de ténacité qui en a été la conséquence. Elle démontre le danger qui résulte de l'emploi d'eaux acides pour alimenter les chaudières à haute pression.

Enfin l'accident arrivé à bord du bateau *le Parisien*, est certainement dû à l'excès de tension intérieure de la vapeur, provenant de l'abaissement du niveau de l'eau dans la chaudière. Il vient s'ajouter aux exemples déjà connus, pour faire voir que les soupapes de sûreté et les rondelles fusibles sont inefficaces pour prévenir les effets du suréchauffement accidentel des parois, et de la formation rapide de vapeurs produites par le contact de l'eau et de ces parois.

De là résulte la nécessité de bons appareils indicateurs du niveau de l'eau, qui doivent être construits et disposés dans les chaudières installées à bord des bateaux, de façon à ce que l'abaissement du niveau au-dessous d'un point quelconque des conduits de la flamme, ne puisse pas échapper à l'attention du chauffeur et du mécanicien; il paraît indispensable qu'il y en ait plusieurs sur une même chaudière, à cause des inclinaisons diverses par rapport à l'horizon, que peuvent prendre les parois de cette chaudière dans les mouvements du bateau.

RAPPORT

Sur l'explosion de la chaudière du bateau à vapeur le Citis ;

Par M. Ch. COMBES, Ingénieur en chef des mines.

Monsieur le sous-secrétaire d'état des travaux publics a transmis à la commission des machines à vapeur, pour avoir son avis, les documents relatifs à l'explosion de la chaudière du bateau à vapeur *le Citis*. La commission m'a chargé d'examiner ces documents et de lui faire un rapport sur les causes probables de l'explosion dont il s'agit.

Je m'attacherai à résumer succinctement les faits contenus dans le rapport de la commission de surveillance de Châlons-sur-Saône, et la note de MM. Schneider et Bourdon.

La chaudière (*Pl. V*, *fig.* 1) qui a fait explosion était formée 1° d'une enveloppe cylindrique en tôle de $1^m,60$ de diamètre, 7 mètres de longueur, et 9 à 10 millimètres d'épaisseur, dans laquelle l'eau devait s'élever jusqu'à 30 centimètres de l'arête supérieure ; 2° d'un cylindre excentrique intérieur, aussi de 7 mètres de longueur, 1 mètre de diamètre, 6 à 7 millimètres d'épaisseur, contenant à l'avant le cendrier, la grille et le foyer ; il donnait passage à la flamme et aux produits gazeux de la combustion qu'il conduisait à la cheminée ; 3° enfin, d'un bouilleur concentrique au cylindre précédent, qui le renfermait entièrement. Ce bouilleur avait $5^m,67$ de longueur, un diamètre de 0,50, une épaisseur de tôle de 7 à 8 millimètres ; il communiquait avec la partie inférieure de la chaudière par trois tubulures situées à son fond, et destinées

à l'alimentation, et avec la partie supérieure de cette même chaudière par une seule tubulure située à son extrémité opposée au foyer, et destinée à la transmission de la vapeur formée dans le bouilleur. La chaudière ainsi composée était fermée à l'avant par un fond plat, en tôle, de 10 millimètres d'épaisseur, portant deux tubes indicateurs en verre et trois robinets indicateurs.

Elle était en outre munie de deux soupapes de sûreté, ayant l'une 12 centimètres, et l'autre 4$^{cent.}$,2 de diamètre, de deux rondelles fusibles marquées des numéros 155 et 165. D'après l'article 5 de l'ordonnance royale du 29 octobre 1823, et la table des forces élastiques de la vapeur annexée à la circulaire du 19 mai 1825, ces timbres doivent correspondre à une pression de 4 atmosphères dans l'intérieur de la chaudière.

La chaudière ne portait pas le timbre constatant qu'elle avait été soumise à l'épreuve d'une pression hydraulique triple de la pression effective de la vapeur, et la commisssion de surveillance de Châlons-sur-Saône s'est assurée que cette épreuve n'avait point été faite.

Il paraîtrait que la chaudière n'était pas pourvue d'un manomètre. La commission de surveillance ne paraît pas avoir vérifié si la charge des soupapes de sûreté correspondait exactement à la pression intérieure de 4 atmosphères.

La chaudière avait été exécutée dans l'usine de Pont-sur-l'Oignon (Haute-Saône). L'établissement du Creusot avait été chargé de confectionner la machine à vapeur, et de compléter les aménagements.

Le dimanche 17 février 1841 eut lieu le premier essai du bateau à vapeur *en marche*.

MM. Schneider et Bourdon, celui-là propriétaire, celui-ci directeur des ateliers de construction du Creusot, étaient à bord; avec eux se trouvaient plusieurs mécaniciens et chauffeurs expérimentés.

Suivant la déclaration de MM. Bourdon et Schneider, les feux furent allumés, à midi, avec des charbons de mauvaise qualité du canal du Centre. A deux heures et demie, les machines purent commencer à fonctionner. Le bateau descendit la Saône très-lentement. Bien que la pression fût très-faible, une soupape mal rodée laissait perdre la vapeur. Arrivés à 4 kilomètres au-dessous de Châlons, au port Guillot, on résolut d'arrêter, pour renouveler le feu avec des charbons plus gros. La grille fut décrassée et rechargée de charbons frais. Le bateau était arrêté depuis 15 à 25 minutes, amarré à terre; MM. Schneider et Bourdon venaient de quitter la chambre des machines et de remonter sur le pont; ils déclarent qu'ils s'étaient assurés l'un et l'autre du niveau de l'eau, à l'avant de la chaudière, tant par l'inspection des tubes indicateurs que par les robinets de jauge. Aucun ordre de départ n'avait été donné lorsque l'explosion eut lieu; peu d'instants après le bateau avait sombré; sur vingt-six personnes qui étaient à bord, onze furent tuées, et neuf blessées plus ou moins grièvement.

Le lundi, 25 janvier, la chaudière fut retirée de l'eau, et le bateau mis suffisamment à sec, pour que l'on pût constater les effets de l'explosion.

Le fond antérieur de la chaudière, le foyer et la partie du cylindre intérieur qui recouvrait le foyer, avaient été projetés au loin vers l'avant du bateau. Le reste du cylindre intérieur contenant

le foyer, était écrasé et était venu s'appliquer sur le dôme et les flancs latéraux du bouilleur par des plis rentrants. Le corps entier de la chaudière, du poids de 4500 kilog., avait été lancé en arrière, avait brisé une des jambes du mât, enfoncé la base de la cheminée, rompu l'arrière du bateau qu'il avait traversé, et avait été projeté dans la rivière à 35 mètres environ de distance de son emplacement primitif, suivant la commission de surveillance, et à 15 mètres de distance de l'arrière du bateau, suivant MM. Schneider et Bourdon (ces évaluations doivent être très-rapprochées). Le corps du bouilleur n'était aucunement endommagé; le grand cylindre de la chaudière n'était pas non plus déformé; seulement les soupapes de sûreté avaient été enlevées et n'ont pu être retrouvées. Le bout du tuyau de conduite de la vapeur avait été détaché de la chaudière par la rupture, à ce qu'il paraît, de ses collets en fonte, et lancé à 15 mètres de distance vers la proue; la plaque de fermeture du trou d'homme était tombée dans l'intérieur de la chaudière. Les rondelles fusibles étaient demeurées attachées à la chaudière, et ont été retrouvées intactes.

Discussion.

Il résulte du rapport de la commission de surveillance de Châlons, que la chaudière du bateau *le Citis* n'avait point été soumise à l'épreuve de la pression hydraulique, triple de la pression effective formellement prescrite par l'article 3 de l'ordonnance royale du 29 octobre 1823, et par l'article 1er de l'ordonnance royale du 7 mai 1828. Les épaisseurs de la tôle du grand cylindre-enveloppe et du bouilleur intérieur étaient suffisantes

pour une pression intérieure de quatre atmosphères, et en dessus des limites fixées par la table annexée à l'instruction ministérielle du 12 juillet 1828. L'épaisseur du cylindre intérieur contenant le foyer était, au contraire, un peu en dessous de celle que devrait avoir un cylindre de même diamètre (1 mètre), qui contiendrait de la vapeur dans son intérieur et serait pressé de dedans en dehors normalement à sa paroi concave. L'épaisseur prescrite est de 8$^{\text{millim.}}$4, et l'épaisseur du cylindre intérieur était seulement de 7 à 8 millimètres. Or, il est évident que ce cylindre était dans des conditions bien autrement défavorables que s'il eût contenu la vapeur dans son intérieur; il était en effet pressé de dehors en dedans, par une force qui tendait à l'écraser sur lui-même.

La pression intérieure de la vapeur a dû d'abord faire fléchir, dans le sens longitudinal, toutes les arêtes du cylindre intérieur contenant le foyer, de façon que ce cylindre prît un diamètre plus petit vers le milieu de sa longueur. Les deux fonds plats ont dû par cela même se déverser l'un vers l'autre, en tournant autour du cercle de jonction avec le cylindre-enveloppe. Ils ont pris, au lieu de la forme plane, la forme de surfaces de troncs de cône, à sommets tournés vers l'intérieur de la chaudière, de telle sorte que les arêtes fissent un angle aigu avec celles de la surface cylindrique-enveloppe, obtus avec celles de la surface cylindrique intérieure. Ces effets ont dû se produire même sous une pression effective fort peu élevée de la vapeur; ils étaient une conséquence forcée de la forme de la chaudière, et on ne voit pas que le constructeur eût cherché à les prévenir

ou à les atténuer par des armatures convenablement disposées. On conçoit maintenant très-bien qu'il se soit fait une première déchirure, soit à la jonction d'un des fonds plats avec le cylindre extérieur ou intérieur, soit dans un des fonds. Dès lors rien n'a empêché le cylindre intérieur de s'affaisser sur lui-même en se plissant dans le sens de sa longueur, comme cela est réellement arrivé. Le fond antérieur, séparé d'abord sur un point du cylindre-enveloppe, a été bientôt complétement arraché et projeté par la pression intérieure. Il a emporté avec lui une petite partie du cylindre intérieur; le bouilleur n'a point éprouvé la moindre altération; le cylindre extérieur lui-même n'a pas eu de déformation notable. Si le tuyau de conduite de la vapeur a été rompu et les soupapes de sûreté enlevées, on peut tout aussi bien croire que ces ruptures proviennent des chocs que ces parties saillantes ont éprouvés contre des objets extérieurs lors du recul de cette chaudière, que des pressions développées au moment de l'explosion. Enfin, on peut remarquer que le fond du cylindre intérieur ne s'est pas non plus déformé dans le voisinage de la ligne à laquelle venaient aboutir les trois tubulures qui réunissaient les parois du bouilleur à celles du cylindre intérieur. Ces tubulures ont fait ici l'office d'armatures et ont prévenu l'écrasement.

J'estime, en conséquence, qu'il n'est pas besoin, pour expliquer l'explosion du bateau *le Citis*, de supposer qu'une portion quelconque des parois intérieures de la chaudière ou du bouilleur ait rougi, parce qu'elle aurait été extérieurement en contact avec la flamme ou les gaz échauffés, et intérieurement hors de l'eau, ainsi

que l'ont supposé, d'une part, MM. les membres de la commission de surveillance de Châlons, et d'autre part, MM. Schneider et Bourdon. D'abord, le témoignage de ces derniers suffirait pour qu'on fût assuré que l'eau n'a pas manqué dans la chaudière principale, quand bien même toutes les circonstances qui ont précédé l'explosion, et notamment l'attention des personnes expérimentées qui se trouvaient à bord, ne viendraient pas prêter à ce témoignage une force de nature à porter une conviction entière dans tous les esprits.

D'un autre côté, s'il s'est fait un vide d'eau vers le dôme du bouilleur, comme le supposent MM. Schneider et Bourdon, il est impossible d'admettre que ce vide ait été fort étendu, bien qu'on doive reconnaître l'insuffisance et la mauvaise position de la tubulure unique destinée à porter à la partie supérieure de la chaudière la vapeur formée dans le bouilleur. Mais, malgré ce vice de construction, on ne pourrait concevoir un vide d'eau quelque peu étendu dans l'intérieur du bouilleur, qu'autant que l'axe de celui-ci aurait été fortement incliné de l'avant vers l'arrière du bateau, tandis qu'il résulte des dessins transmis (*Pl. V, fig.* 3, 4 et 5) et des explications données dans le rapport de la commission de Châlons, que cet axe était sensiblement horizontal.

Un feu vif n'était allumé que depuis 25 minutes au plus, le bateau était immobile, la production de vapeur devait être régulière, et rien ne paraît justifier l'idée de ces retours d'eau alternatifs sur l'espace délaissé par la vapeur, émise par MM. Schneider et Bourdon. Enfin, si un développement considérable, et pour ainsi dire instantané, de vapeur dans l'intérieur du bouilleur

eût été la cause première de la catastrophe, pourquoi le bouilleur n'a-t-il pas été endommagé? On sait que, dans de pareilles circonstances, l'excès de solidité ne garantit pas les parties sur lesquelles se porte d'abord l'action des forces qui tendent à produire des ruptures.

Au contraire, tout indique que la pression de la vapeur a augmenté graduellement et uniformément dans tout l'intérieur de la chaudière : c'est la partie évidemment la plus faible qui a cédé, c'est le fond plat antérieur qui ne tenait qu'aux bouts des deux cylindres intérieur et extérieur. Le fond plat postérieur a résisté parce qu'il était renforcé par le voisinage d'une des tubulures inférieures du bouilleur, par la tubulure allant du bouilleur à la partie supérieure de la chaudière, enfin par la jonction avec la base de la cheminée. La première déchirure une fois survenue, tout le reste se conçoit sans peine et ne diffère en rien des faits déjà observés dans d'autres explosions.

Conclusions.

De tout ce qui précède, je pense qu'on peut conclure que l'explosion de la chaudière du bateau *le Citis* provient d'abord des vices de construction de la chaudière, qui, à raison de sa forme et du défaut d'armatures convenables pour prévenir la déformation du cylindre intérieur et des fonds plats, et de l'épaisseur trop faible de ce cylindre, était incapable de supporter longtemps une pression intérieure de quatre atmosphères.

Je ne puis m'empêcher de faire observer que si la chaudière eût été convenablement éprouvée, comme elle aurait dû l'être, sous une pres-

sion d'eau triple de la pression effective, conformément aux dispositions des ordonnances royales des 29 octobre 1823 et 7 mai 1828, il paraît très-probable qu'elle ne l'aurait pas soutenue, et qu'on aurait ainsi prévenu la catastrophe déplorable du 17 janvier. On doit donc vivement regretter cette inexécution du règlement, et j'estime qu'il y a lieu de la signaler à MM. les préfets des départements de la Haute-Saône et de Saône-et-Loire, en leur rappelant qu'aux termes des ordonnances citées plus haut « les chaudières » des machines à haute pression ne peuvent être » mises dans le commerce, ni employées dans un » établissement, sans que préalablement leur force » ait été soumise à l'épreuve de la presse hydrau- » lique. ».

Je regarde aussi comme très-fâcheux qu'il n'y ait pas eu de manomètre adapté, avant l'essai du 17 janvier, à la chaudière du bateau *le Citis*, bien que je ne pense pas qu'il y ait eu excès de tension de la vapeur. Il eût été à désirer que le fait pût être formellement constaté par les indications du manomètre, auxquelles ne peuvent suppléer complétement les soupapes de sûreté (1).

Enfin, en terminant, je crois devoir insister sur les dangers particulièrement graves qui résultent de l'emploi des chaudières à larges tubes intérieurs, comme l'était celle du *Citis*, et qui ont des faces planes, même peu étendues. Ces parties ne résistent pas à la manière des surfaces sphériques ou cylindriques pressées de dedans en dehors; elles peuvent en effet se déformer sans

Un manomètre était adapté à la chaudière du *Citis*. (Voyez le rapport supplémentaire qui suit.)

déchirure préalable, et même sans extension de leurs fibres, de manière à augmenter la capacité intérieure de la chaudière. En conséquence, on doit munir ces sortes de chaudières de fortes armatures, convenablement disposées, pour prévenir ces déformations; et l'épreuve par la pression hydraulique est le seul moyen de reconnaître si elles sont capables d'opposer une résistance suffisante. Cette épreuve a suffi déjà pour faire mettre au rebut quelques chaudières de ce genre, construites à Paris; il sera très-utile d'appeler sur ce sujet l'attention de MM. les préfets, des ingénieurs et des commissions de surveillance.

Approuvé par la commission des machines à vapeur, dans sa séance du 1er mars 1841.

RAPPORT SUPPLÉMENTAIRE

Sur l'explosion de la chaudière du bateau à vapeur le Citis.

Par M. COMBES, Ingénieur en chef des mines.

M. Schneider aîné a adressé à M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, le 24 mars derniers, une lettre contenant des observations, au sujet du rapport de la commission des machines à vapeur, sur l'explosion de la chaudière du *Citis*.

La commission des machines à vapeur a principalement insisté : 1° sur l'omission de l'épreuve préalable de la chaudière, sous une pression d'eau triple de la pression effective, prescrite par les ordonnances royales des 29 octobre 1823 et 7 mai 1828; 2° sur l'épaisseur trop faible du cylindre intérieur d'un mètre de diamètre et de 7 mètres de long contenant le foyer intérieur, et surtout sur le défaut d'armatures suffisantes, pour prévenir l'écrasement de ce cylindre, et les dangers particuliers que présentent les larges tubes intérieurs qui sont pressés de dehors en dedans; 3° elle a remarqué que, dans les chaudières, rien n'indiquait dans le rapport de la commission de surveillance, ni dans la note de MM. Schneider et Bourdon, qu'un manomètre fût adapté à la chaudière; 4° tout en reconnaissant la mauvaise disposition de la tubulure unique destinée à conduire dans la partie supérieure de la chaudière principale la vapeur d'eau formée dans le bouilleur, il lui a paru que l'explosion, vu les circonstances qui l'ont précédée, pouvait être attribuée, avec

beaucoup de vraisemblance, au défaut de résistance de la chaudière, sans avoir recours à l'hypothèse d'une formation rapide, presque instantanée, d'une grande quantité de vapeur dans l'intérieur du bouilleur; elle a en conséquence déclaré qu'il lui paraissait très-probable que la chaudière n'aurait pas soutenu, sans être déformée, l'épreuve préalable de la pression triple de la pression effective, prescrite par les ordonnances.

M. Schneider combat surtout cette dernière opinion. Il rappelle que le fond plat de l'avant avait 11 à 12 millimètres d'épaisseur. Il ajoute qu'il était fortement renforcé par *deux fers d'angle servant à la jonction des deux cylindres de la chaudière*, et que, *de plus*, *vers le milieu de la partie plane*, *il y avait un fer d'angle rivé et armé de tirants qui reliaient les deux fonds; que le petit cylindre avait de 7 à 8 millimètres d'épaisseur, et que*, BIEN QU'IL NE FUT PAS SANS DOUTE DANS DE BONNES CONDITIONS D'AVENIR, *il était certainement assez fort pour résister à l'épreuve*, *en raison de son petit diamètre*, *de la faible dimension des feuilles de tôle placées transversalement et des rivures très-rapprochées*, *qui ajoutaient à la force*, *pour résister à la pression extérieure.*

M. Schneider dit ensuite qu'on a éprouvé au Creusot plusieurs chaudières, dans des conditions de forme analogues, qui toutes ont parfaitement supporté l'épreuve; il cite notamment une chaudière faite récemment pour un manufacturier de Châlons-sur-Saône, dont les dimensions prescrites étaient les mêmes, sauf les communications de vapeur et d'eau, que celle du *Citis,* qui a résisté à une épreuve de 10 atmosphères et puis fonctionné régulièrement.

Plus loin, M. Schneider dit que la tension de la vapeur, dans la chaudière du *Citis*, n'avait pas atteint certainement trois atmosphères, quelques instants avant l'explosion, puisque les soupapes de sûreté chargées seulement à trois atmosphères n'avaient pas levé, et que d'ailleurs MM. Schneider et Bourdon venaient de vérifier eux-mêmes sur le MANOMÈTRE, quelques instants avant l'explosion, que la pression n'atteignait pas deux atmosphères.

En conséquence, M. Schneider aîné dit que l'explosion ne peut provenir que de la cause déjà signalée dans la note de MM. Schneider et Bourdon, savoir : un vide d'eau et un espace rempli de vapeur qui se serait formé dans l'intérieur du bouilleur, par suite de l'insuffisance et de la mauvaise position de la tubulure destinée à évacuer la vapeur formée dans ce bouilleur; le retour de l'eau sur les parois rougies ou fortement échauffées, et la formation rapide d'une grande quantité de vapeur dans l'intérieur du bouilleur, ce qui aurait produit une augmentation subite de tension et la rupture de la chaudière dans la partie la moins résistante.

M. Schneider conclut que l'épreuve à froid, très-utile ordinairement, n'est cependant pas une garantie en certains cas, et notamment dans celui dont il s'agit, et qu'il y aurait peut-être lieu, en conséquence, d'assujettir à un examen spécial les formes et dispositions intérieures des chaudières à vapeur, et particulièrement de celles qui sont destinées à la navigation.

Observations.

Il résulte de la lettre de M. Schneider aîné, que la chaudière du *Citis* était pourvue d'un mano-

mètre, qui n'indiquait pas, quelques instants avant l'explosion, une pression de plus de 2 atmosphères. Cette indication était omise dans les premiers documents transmis à la commission.

Il en résulte aussi que les armatures de la chaudière consistaient en deux fers d'angle qui reliaient les fonds plats aux deux cylindres, et un troisième fer d'angle placé vers le milieu de la partie plane, rivé et armé de tirants qui reliaient les deux fonds. La lettre n'indique pas le nombre des tirants; mais il paraîtrait, d'après le dessin de la chaudière joint au rapport de la commission de surveillance (*Pl. V*), qu'il y en avait deux, et que la déchirure du fond plat antérieur a eu lieu suivant une ligne située au-dessous des points d'attache de ces tirants et du fer d'angle, de sorte qu'après l'explosion, les tirants sont demeurés entiers, et attachés au corps de la chaudière lancé en arrière par la poussée de la vapeur.

Le rapporteur ne peut s'empêcher de faire remarquer que ces tirants longitudinaux étaient peu propres à renforcer la chaudière, parce qu'ils n'opposaient qu'un faible obstacle à la flexion du cylindre intérieur perpendiculairement à son axe, et ne diminuaient pas l'énorme traction qui a dû se développer, même par une faible pression intérieure, sur les contours par lesquels ce cylindre se rattachait aux deux fonds plats.

Il eût été évidemment plus convenable de renforcer la chaudière par deux ou trois systèmes de tirants, disposés dans des plans parallèles aux fonds plats, et reliant le cylindre-enveloppe au cylindre intérieur, qui aurait été en outre muni de cercles en fer forgé, aux points d'attache des tirants. Ceux-ci auraient alors soutenu la pression de la

vapeur sur le cylindre intérieur, en supportant une traction longitudinale, et auraient ainsi déchargé les fonds plats de la traction exercée par le contour du cylindre intérieur. Les tirants, tels qu'ils étaient établis, ont dû être pressés dans le sens de leur longueur, qui était fort grande; eussent-ils même résisté complétement à cette pression, cela n'empêchait pas les fonds plats de fléchir et de se déchirer entre les points d'attache de ces tirants et le contour du cylindre intérieur.

M. Schneider aîné dit qu'on a essayé au Creusot des chaudières de forme semblable et qu'elles ont résisté à l'épreuve. Cet argument ne paraît pas concluant. Il est peu probable que la parité fût complète, et il faut remarquer que dans les chaudières de la forme de celle qui était à bord du *Citis* la longueur est l'élément qui influe le plus sur la résistance à la rupture, quand il n'y a pas d'armatures disposées, ainsi qu'il a été dit précédemment.

Il n'y a donc rien, dans les nouvelles observations de M. Schneider, qui établisse l'invraisemblance de la rupture ou plutôt de la déformation de la chaudière du *Citis* sous la pression d'épreuve prescrite par les ordonnances, et qui soit de nature à modifier sur ce point le premier avis de la commission.

M. Schneider insiste sur la disposition vicieuse du bouilleur intérieur et des communications établies entre le bouilleur et le cylindre : c'est là, suivant lui, la véritable cause de l'explosion qui a eu lieu. Il voudrait que l'on assujettît à un examen spécial les formes et les dispositions intérieures des chaudières à vapeur, et particulièrement de celles qui sont destinées à la navigation.

Le rapporteur, sans accorder que, dans le cas particulier dont il s'agit, l'explosion ait eu pour cause nécessaire celle qui est indiquée par M. Schneider, partage entièrement l'avis de cet habile manufacturier sur les vices essentiels que présentaient les dispositions de la chaudière du *Citis*. La commission des machines à vapeur avait déjà, dans son premier avis, signalé *l'insuffisance et la mauvaise position de la tubulure unique destinée à conduire dans la partie supérieure de la chaudière la vapeur formée dans le bouilleur*. A cela il faut ajouter que le bouilleur recevait l'action de la flamme principalement à la partie supérieure et à l'extrémité la plus éloignée de la tubulure. Certes, si l'on ne savait pas que le bateau était en repos, que le feu était allumé seulement depuis vingt-cinq minutes, que la chaudière était en conséquence bien remplie d'eau; qu'on avait eu soin de porter du lest à l'avant du bateau, pour que les axes du bouilleur et de la chaudière ne fussent pas inclinés vers l'arrière; enfin que tout était parfaitement en ordre une minute avant l'explosion, ainsi que cela a été constaté par MM. Schneider et Bourdon, la commission aurait admis l'explication de la catastrophe donnée par ces messieurs. Les circonstances qui ont précédé l'explosion ont rendu plus vraisemblable pour elle un défaut de résistance que l'épreuve aurait pu manifester.

Le rapporteur persiste dans cette opinion; mais il estime que la commission des machines à vapeur, en maintenant son premier avis et les motifs qui l'ont déterminé, doit engager M. le sous-secrétaire d'état à rappeler aux commissions de surveillance des bateaux à vapeur qu'elles sont

investies du droit et qu'elles ont le devoir de s'assurer, avant de donner leur avis sur les délivrances des permis de navigation provisoires ou définitifs, que les chaudières de bateaux ne présentent pas, en raison de leurs formes ou de leurs dispositions intérieures, des causes particulières de dangers. Les conclusions définitives de la commission seraient en conséquence arrêtées comme il suit.

Conclusions.

1° Il y a lieu, de la part de M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics, de signaler à MM. les préfets des départements de la Haute-Saône et de Saône-et-Loire l'inexécution des mesures prescrites par les ordonnances royales des 29 octobre 1823 et 7 mai 1828, en ce qui concerne l'épreuve préalable de la chaudière du bateau à vapeur *le Citis*, confectionnée à Pont-sur-l'Oignon (Haute-Saône) et essayée à Châlons-sur-Saône, et de leur faire remarquer qu'il est probable que cette chaudière, en raison de sa forme et du défaut d'armatures intérieures convenablement placées, n'aurait pas supporté l'épreuve d'une pression intérieure de 9 atmosphères, prescrite par les règlements, sans être déformée, ce qui aurait peut-être prévenu l'explosion dont plusieurs personnes ont été victimes le 17 janvier dernier.

2° Il y a lieu, de la part de M. le sous-secrétaire d'état, d'appeler l'attention de MM. les préfets et des commissions de surveillance des bateaux à vapeur sur les dangers particulièrement graves que présentent certaines formes de chaudières, notamment celles qui ont des faces planes et sont munies de larges tubes intérieurs, et celles dont

les bouilleurs ne sont pas mis en communication avec le corps principal de la chaudière par plusieurs tubulures larges, situées à la partie supérieure de ces mêmes bouilleurs, et assez près des points qui reçoivent le plus directement l'action du foyer et de la flamme du combustible.

Les chaudières à faces planes et à larges tubes intérieurs ne peuvent résister à une forte pression interne que par un système d'armatures convenablement disposées.

Il est indispensable de leur faire subir avec une attention toute particulière l'épreuve de la pression triple voulue par les règlements, et de n'en autoriser l'emploi et la mise dans le commerce, qu'après s'être assuré qu'elles n'ont éprouvé pendant l'épreuve aucune déformation permanente, et qu'elles n'ont accusé par aucun signe apparent un défaut de résistance qui devrait les faire prohiber immédiatement.

Les chaudières dont les bouilleurs ne communiqueraient avec le corps de la chaudière que par des tubulures étroites, adaptées ailleurs que sur le dôme des bouilleurs, ou même trop loin des points qui reçoivent le plus directement l'action du foyer, offrent un danger très-grave, en ce qu'il peut se former, par suite de la viscosité de l'eau ou de l'inclinaison des bouilleurs, qui est accidentellement variable dans les machines de bateaux, des espaces vides d'eau et remplis de vapeur à la partie supérieure des bouilleurs. Les parois peuvent ainsi être facilement suréchauffées par l'action du foyer, le métal perd une grande partie de sa ténacité, et le retour de l'eau sur les parois suréchauffées peut déterminer une explosion.

Les commissions de surveillance sont investies du droit et ont le devoir d'examiner dans tous ses détails le bateau et l'appareil moteur pour lequel on sollicite un permis de navigation, et elles ne doivent proposer aux préfets de délivrer les permissions, qu'autant qu'elles se sont assurées d'abord que les prescriptions des ordonnances en vigueur ont été accomplies, et ensuite qu'aucune cause particulière de danger ne peut provenir de la forme et de la disposition de la chaudière.

La commission des machines à vapeur, dans sa séance du 24 avril courant, a entendu la lecture du présent rapport, et elle en a adopté les conclusions définitives.

RAPPORT

Sur l'explosion d'une chaudière du bateau à vapeur la Bretagne.

Par M. COMBES, Ingénieur en chef des mines.

Exposé des faits constatés par la commission de surveillance des bateaux à vapeur instituée à Nantes.

La commission de surveillance de Nantes se rendit, le 6 mars 1841, à bord du bateau à vapeur *la Bretagne*, construit par M. Jollet, pour examiner ce bateau, et l'appareil moteur fourni par M. Alliot.

Le bateau était muni de deux machines de la puissance de 95 chevaux, ayant chacune deux cylindres oscillants.

Chaque machine avait deux pompes alimentaires mues par des excentriques.

En outre, une petite machine de la puissance d'un cheval, placée à bâbord près de la muraille du navire, était installée pour faire mouvoir au besoin deux pompes alimentaires particulières.

La vapeur était produite par deux chaudières en tôle, placées des deux côtés du navire.

Chaque chaudière était formée d'un générateur cylindrique en tôle contenant dix-neuf tubes, pour la circulation de la flamme, avec foyer intérieur sur le devant, et d'un réservoir cylindrique à fonds hémisphériques, établi immédiatement au-dessus du générateur.

Les dimensions de la chaudière de tribord, qui a fait explosion, étaient les suivantes :

	mèt.
Longueur totale du générateur.	8,39
Longueur du foyer.	2,55
Diamètre intérieur du tube cylindrique contenant le foyer.	1,05
Diamètre de l'enveloppe cylindrique du générateur.	1,35
Diamètre de chacun des 19 tubes.	0,16
Longueur des tubes.	4,84
Longueur du récipient de la cheminée.	1,10
Diamètre intérieur de chacune des tubulures qui mettent en communication le générateur et le réservoir.	0,65
Diamètre du réservoir.	1,10
Longueur totale du réservoir	4,90
(Il est établi au-dessus de la moitié antérieure du générateur.)	
Distance des centres des deux tubulures.	2,90
Distance des bords des tubulures.	2,25
Distance verticale des trois tubes les plus élevés à la partie supérieure du générateur.	0,25
Surface de chauffe 42,23 mètres carrés.	
Épaisseur de la tôle.	0,012

Chaque réservoir était muni de six robinets indicateurs étagés et d'un manomètre.

Dans sa visite du 6 mars, la commission s'assura que les chaudières et les cylindres avaient été éprouvés par M. l'ingénieur des mines, pour la pression ordinaire de 5 atmosphères;

Que les machines étaient d'une bonne construction ;

Que toutes les mesures prescrites par les ordonnances des 29 octobre 1823, 7 et 25 mai 1828, avaient été prises ;

Que le bateau était solidement construit, et qu'après l'addition de quelques pièces consolidatrices, il présenterait toutes les garanties de solidité désirables pour supporter la mer.

Dans la soirée du 6 mars, au moment où le paquebot allait partir pour se rendre devant le

chantier de M. Jollet, la chaudière de tribord fit explosion. Le réservoir de cette chaudière fut séparé du générateur, et lancé à une distance d'environ 150 mètres (1).

Le 8 du même mois de mars, la commission, qui s'était adjoint M. Lorieux, ingénieur en chef des mines, se rendit à bord du navire, pour constater les circonstances de l'accident du 6.

Elle reconnut :

1° Que les deux tubulures de communication entre le générateur et le réservoir de la chaudière de tribord, au lieu d'être fixées avec des rivets, comme dans la chaudière de bâbord, étaient simplement réunies à emboîtement, avec mastic ferrugineux, et que cet assemblage était consolidé par deux barres de fer, réunies par deux boulons à vis et écrou, dont l'une portait sur la partie rentrante de la tubulure du réservoir, tandis que l'autre s'appuyait en dedans du générateur, sur son enveloppe cylindrique (*Pl. VI, fig.* 1).

2° Que lorsque le réservoir s'était séparé du générateur, la barre supérieure de chaque système s'était recourbée à ses deux extrémités, de manière à prendre la forme d'un croissant qui avait pu se dégager de la tubulure du réservoir;

3° Que les six tubes supérieurs en cuivre du générateur de tribord avaient été brûlés près du foyer, et se trouvaient déchirés ;

4° Qu'il s'était formé à l'enveloppe du foyer de la chaudière de bâbord (qui n'avait pas fait explosion), et sous la tubulure de l'avant, une dépression intérieure longue de 8 centimètres, ayant une flèche d'environ 2 centimètres;

---

(1) Cette explosion a coûté la vie à trois personnes.

5° Que les machines étaient en bon état et n'avaient point souffert de l'explosion.

Le 10 mars, le réservoir projeté dans la rivière fut retiré de l'eau, et la commission constata que ce réservoir avait perdu la forme cylindrique.

Il s'était allongé dans le sens du diamètre aboutissant aux tubulures, et s'était aplati dans le sens du diamètre perpendiculaire.

Un dessin joint au rapport de la commission indique le genre et l'étendue de cette déformation (*fig.* 3, 4 et 5).

L'enquête à laquelle s'est livrée la commission, a appris :

1° Que le réservoir et la chaudière de tribord avaient été d'abord réunis autour des tubulures au moyen de rivets; mais que, lorsque cette chaudière avait été mise à bord de *la Bretagne*, on avait coupé les tubulures et substitué des assemblages à emboîtement aux assemblages à rivets, afin de rapprocher le réservoir du générateur, et de pouvoir loger la chaudière dans l'espace compris entre les carlingues et les barrotins du pont.

La chaudière de bâbord étant un peu plus petite, il n'avait pas été nécessaire de faire cette réparation.

2° Que l'épreuve de la chaudière à la pompe de pression avait été faite dans les ateliers du constructeur M. Rocher, après l'établissement du joint mastiqué, mais que depuis l'épreuve, le mastic de la tubulure de l'arrière ayant donné des inquiétudes, on l'avait renouvelé trois jours avant l'explosion.

3° Qu'avant l'explosion, le joint de ladite tubulure avait laissé l'eau s'échapper en quantité notable.

4° Que le jour de l'explosion, on avait d'abord chauffé la chaudière de bâbord remplie préalablement d'eau; que par elle, on avait mis en mouvement la petite machine d'un cheval, pour remplir la chaudière de tribord, et puis qu'on avait chauffé celle-ci.

Le mécanicien et les gens du bord ont déclaré qu'ils avaient souvent renouvelé l'épreuve des robinets indicateurs du niveau, de manière à pouvoir affirmer que le niveau de l'eau dépassait le sixième robinet lorsque l'explosion a eu lieu; qu'à ce moment la petite machine d'alimentation fonctionnait depuis trois heures, et que le manomètre accusait une pression de 3 atmosphères.

Observations.

Il est évident que l'explosion de la chaudière du paquebot à vapeur *la Bretagne* a eu lieu parce que la pression intérieure tendant à séparer le réservoir de la chaudière l'a emporté sur la résistance des assemblages par lesquels le réservoir était joint au générateur.

Ces assemblages étaient faits avec du mastic ferrugineux, et consolidés par les armatures que la commission de surveillance a décrites avec beaucoup de soin (*Pl. VI*, *fig.* 1 et 2).

Le masticage de la tubulure de l'arrière avait été renouvelé récemment, trois jours avant l'explosion, postérieurement à l'épreuve de la chaudière prescrite par les règlements. Ce joint était mal fait, car il perdait de l'eau en quantité notable.

Les armatures devaient résister presque seules

aux forces qui tendaient à séparer le réservoir du générateur.

Il est donc important de calculer la résistance des armatures qui étaient évidemment en fer doux de très-bonne qualité, puisqu'elles ont plié, sans se rompre, dans l'acte de l'explosion.

La commission de surveillance de Nantes a entrepris ce calcul, et conclu avec juste raison que les armatures étaient beaucoup trop faibles.

J'ai refait ces mêmes calculs, et je trouve une résistance encore plus faible que celle qui a été indiquée par la commission de surveillance.

La traverse supérieure appuyée sur les bords de la tubulure du réservoir était un barreau de fer carré de $0^m,04$ de côté.

La distance entre les deux points d'appui de cette barre sur les rebords de la tubulure évasée du réservoir, était de $0^m,82$ (mesurée sur le dessin envoyé par la commission).

Les axes des boulons qui reliaient cette barre à la barre inférieure contenue dans le générateur étaient distants entre eux de $0^m,48$.

La distance de chacun de ces boulons au milieu de la barre était donc de $0^m,24$.

La distance du même boulon au point d'appui, de $0^m,17$.

Il résulte évidemment de la disposition de la barre, que la pression sur chaque point d'appui est égale à la tension de chacun des boulons, et que la barre peut être considérée comme encastrée en son milieu, et sollicitée par deux forces égales et de sens contraire, appliquées la première à une distance de $0^m,24$, et la seconde à une distance de $0^m,41$ du point d'encastrement. Chacune de ces

forces est égale à l'effort de traction de l'un des boulons, et par conséquent à la moitié de la pression totale de la vapeur sur une surface circulaire de $0^m,65$ de diamètre. Soit P cette force.

Soit E le moment d'élasticité de la barre, r son rayon de courbure, dans l'un quelconque des points compris entre le milieu et le point d'attache des boulons.

Le moment des forces de compression et d'extension développées par la flexion, sur une section transversale de la barre, au point où le rayon de courbure est r, est exprimé par $\frac{E}{r}$. Ce moment doit être égal à la somme algébrique des moments des deux forces P, par rapport à la section que l'on considère. Comme ces deux forces sont égales et forment un couple, il en résulte que le moment demeure invariable, et égal au moment du couple, quel que soit le point que l'on considère, et qu'en conséquence, on a l'équation :

$$\frac{E}{r} = P(0,41 - 0,24) = P \times 0^m,17;$$

d'où $$r = \frac{E}{P \times 0,17}.$$

Ainsi le rayon de courbure est constant entre les deux points d'attache des boulons, tant que la flexion de la barre est assez petite pour que l'on puisse considérer les forces naissantes de la tension des boulons, comme conservant une direction verticale, et la courbe de la barre entre ces points d'attache est une circonférence de cercle, dont le rayon est égal au moment d'élasticité divisé par $P \times 0,17$.

Si l'on désigne par t le module d'élasticité du

fer, on aura pour la valeur du moment d'élasticité E :

$$E = t\frac{a^4}{12};$$

a étant égal au côté de la section transversale de la barre.

M. Navier conclut des diverses observations faites sur la flexion du fer forgé, que le module $t = 20,000,000,000$.

Que d'un autre côté, une charge de 13,000,000 de kilogrammes par mètre carré est la plus grande traction que l'on puisse faire supporter au fer sans altérer son élasticité, ce qui revient à dire que le plus grand allongement ou le plus grand raccourcissement que l'on doive faire subir aux fibres d'une barre de fer doit être égal à la fraction 0,00065 de la longueur primitive.

On conclut facilement de là, que le rayon de courbure minimum d'une barre de fer de $0^m,04$ de hauteur verticale est donné par l'équation :

$$\frac{0,02}{r} = 0,00065, \quad \text{d'où } r = \frac{0,02}{0,00065} = 31 \text{ mèt.}$$

remplaçant, dans la valeur de E, *t* par 20.000.000.000 kilogrammes, et *a* par $0^m,04$, on a pour le moment d'élasticité de la barre

$$E = 4267;$$

Puis remplaçant, dans l'équation

$$r = \frac{E}{P \times 0,17}$$

r par 31 mètres, E par 4267, on en tire pour la tension maximum des boulons :

$$P = \frac{4267}{0,17 \times 31} = 809 \text{ kilogrammes.}$$

La pression d'une seule atmosphère sur une surface circulaire de 0m,65 de diamètre est de 3427 kilogrammes dont la moitié = 1718 kilogrammes.

Il résulte évidemment de cet aperçu que les barres avaient des dimensions beaucoup trop faibles pour venir en aide avec quelque efficacité à l'insuffisance de l'adhérence produite par le mastic, et qu'une fois cette adhérence détruite, la séparation et la projection du réservoir par la pression interne de la vapeur étaient inévitables.

Les calculs de la commission de surveillance l'ont conduite aux mêmes résultats, bien qu'elle ait évalué trop haut, suivant nous, la force de résistance des barres.

Ainsi donc, l'explosion de la chaudière du paquebot *la Bretagne* a eu pour cause immédiate la mauvaise construction, le défaut de résistance des parties de la chaudière.

Cependant cette chaudière avait résisté antérieurement à la pression d'épreuve de 12 atmosphères, triple de la pression effective, maximum pour laquelle la chaudière avait été construite, et quadruple de la pression effective au moment de l'explosion, qui, d'après l'enquête, n'était que de trois atmosphères.

Cela vient, ainsi que l'a observé la commission de surveillance, de ce que le mastic avait résisté lors de l'épreuve légale, qui avait peut-être elle-même commencé à détériorer le masticage. On s'était en effet aperçu que le joint était défectueux, puisqu'on l'avait refait à neuf, et renouvelé le mastic, trois jours avant l'explosion, de sorte que le joint du jour de l'explosion n'était réellement pas le même que celui du jour de l'épreuve.

Enfin, il faut le répéter, le joint mastiqué de

la tubulure postérieure perdait l'eau en quantité notable avant l'explosion.

Il nous reste à examiner les faits accessoires que la commission de Nantes a signalés avec soin, et qui sont en effet d'une haute importance.

Ces faits sont :

1° La projection du réservoir de la chaudière à 150 mètres de distance, et la déformation de ce réservoir.

2° L'état des six tubes supérieurs du générateur de tribord, qui *avaient été brûlés près du foyer et se trouvaient déchirés.*

(Termes du rapport de la commission).

3° La dépression de l'enveloppe cylindrique du foyer de la chaudière de bâbord au-dessous de la tubulure antérieure du réservoir.

Projection du réservoir.

Le poids du réservoir projeté est, d'après le rapport de la commission de surveillance, 1566$^{kil.}$,60.

Sa capacité est de 4$^{m.c}$,306.

En le supposant à moitié rempli d'eau, au moment de la rupture, il devait contenir 2153 kilogrammes d'eau.

Supposons que le réservoir ait été projeté à 150 mètres de distance horizontale. Si l'on néglige la résistance de l'air, on sait que l'amplitude du jet d'un projectile est, en désignant par V la vitesse initiale, par α l'angle que la direction de cette vitesse fait avec le plan horizontal, par g la gravité, exprimée par :

$$\frac{V^2 \sin. 2\alpha}{g}$$

Pour une amplitude donnée, la vitesse initiale

V est un minimum, quand l'angle $\alpha = 45°$; dans ce cas on a sin $2\alpha = 1$, et l'amplitude du jet est égale au carré de la vitesse initiale divisé par la gravité.

On conclut de là que, pour qu'un projectile lancé sous un angle de 45° aille tomber à une distance de 150 mètres, sur un sol horizontal, il faut que sa vitesse initiale soit, abstraction faite de la résistance de l'air, de 38 mètres par seconde, en nombres entiers.

A cette vitesse, et à la masse du réservoir qui pèse 1567 kilogrammes, correspond une demi-force vive égale à :

$$\frac{1567}{2g} \times \overline{38}^2 \text{ (}g\text{ est le gravité} = 9{,}81.)$$

D'où $2g = 19{,}62$.

On a donc pour cette demi-force vive :

$$\frac{1567}{19{,}62} \times \overline{38}^2 = \frac{150 \times 1567}{2} = 117525.$$

Ce nombre est aussi l'expression du travail moteur nécessaire pour imprimer au réservoir la vitesse initiale capable de le lancer à 150 mètres, ce travail étant exprimé en kilogrammes élevés à un mètre.

Ce travail moteur peut venir de la force élastique de la vapeur d'eau contenue dans le réservoir, au moment où il s'est détaché du générateur, ou de la vapeur développée dans le générateur, avant que le réservoir fût détaché.

Bornons-nous à examiner l'effet de l'eau chaude contenue dans le réservoir même.

Les 2153 kilogrammes d'eau contenus dans ce réservoir devaient être à une température de

145°,4 centigrades, puisque la tension accusée par le manomètre était de 3 atmosphères effectives, ce qui fait 4 atmosphères de pression totale. Lorsque le réservoir a été détaché du générateur, l'eau a pu sortir par les deux larges tubulures qui ont été découvertes. La pression sur ces orifices d'écoulement a été réduite à la simple pression atmosphérique, et à mesure que l'eau s'écoulait d'une part, l'espace qu'elle délaissait dans l'intérieur du vase était rempli par de la vapeur formée aux dépens de la chaleur emmagasinée dans cette eau. Si nous prenons l'excès de chaleur contenu dans la masse d'eau, au-dessous du terme de 100° qui correspond à la vapeur d'eau, sous la pression d'une atmosphère, nous trouverons un excès de $2153 \times 45,4 = 97746$ unités de chaleur, qui suffisent pour vaporiser $\frac{97746}{550} = 177,7$ kilogrammes d'eau, en supposant que la vapeur contienne 550 unités de chaleur latente. Or 177 kilogrammes d'eau réduits en vapeur à la pression de 4 atmosphères, doivent occuper un espace d'environ 87 mètres cubes (1); et chaque mètre cube de vapeur, à 4 atmosphères, est susceptible, en se formant sous un piston qui supporterait sur sa face opposée une pression d'une atmosphère, de développer un travail moteur de 30000 kilogrammes élevés à un mètre. Les 87 mètres cubes de vapeur qui peuvent se former aux dépens de la chaleur contenue dans l'eau au-dessous de 100°, sont donc capables d'un

(1) Je prends, d'après la table calculée par M. de Pambour, le volume de la vapeur à 4 atmosphères comme égal à 490 fois le volume d'eau.

travail moteur de 2.610.000 kilogrammes élevés à un mètre.

Ce chiffre est égal à plus de vingt-deux fois le travail moteur nécessaire pour imprimer au réservoir la vitesse totale de 38 mètres.

Mais il faut observer, d'une part, que la totalité du travail moteur dû à la formation de la vapeur d'eau se partage entre l'eau liquide, qui jaillit par les tubulures, et le réservoir qui est repoussé en arrière ; que l'eau conserve en sortant une température toujours supérieure à 100° ; qu'ainsi tout l'excès de chaleur n'est pas employé à former de la vapeur ; qu'enfin nous avons négligé les résistances de l'air et celles que le réservoir a dû rencontrer dans le trajet, et que nous avons pris pour l'inclinaison de la vitesse initiale, celle qui correspond à l'amplitude maxima du jet.

Qu'aussi, d'autre part, la vapeur, indépendamment du travail moteur développé par sa formation, peut donner lieu à un travail moteur, par sa détente, de 3 atmosphères à 1 atmosphère ; que le réservoir pouvait contenir plus d'eau liquide que nous ne l'avons supposé ; que déjà ce réservoir avait pu acquérir une vitesse comparable à celle de 38 mètres, dans le temps où il se séparait du générateur, et où la vapeur produite par l'eau du générateur agissait encore sur lui (1).

Je conclus de cette discussion que l'on conçoit très-bien la projection du réservoir à une distance d'environ 150 mètres, comme ayant été produite par la seule action de la vapeur qu'a pu former,

---

(1) Voyez quant à ces effets de projection l'article relatif à l'explosion de la chaudière d'Avrillé, p. 138 et suiv. de ce volume.

en raison de sa température, l'eau contenue dans le réservoir au moment de la séparation du réservoir et du générateur, et qu'il n'est pas nécessaire, pour l'expliquer, de supposer que la vapeur a pris dans la chaudière, par le contact avec des parois rougies, un excès de tension qui aurait déterminé l'explosion.

Quant à la déformation du réservoir, j'estime qu'elle est le résultat des pressions fort inégales de la vapeur qui ont eu lieu sur les divers points de la paroi interne du réservoir, pendant et après la séparation du réservoir et du générateur.

Cette déformation même semble fournir un nouveau motif de croire que le réservoir contenait beaucoup d'eau au moment de l'explosion, ainsi que l'ont affirmé les gens du bord et le mécanicien.

Déchirure des tubes.

Les six tubes supérieurs du générateur ont été trouvés brûlés et déchirés près du foyer.

La commission de surveillance croit qu'on doit attribuer ce fait à l'action du feu sur les tubes non recouverts d'eau après l'explosion. Le rapporteur partage complétement cette opinion qui est justifiée par toutes les circonstances indiquées dans le rapport de la commission de surveillance. Ces tubes ont été en effet déchirés et brûlés et non écrasés, comme cela aurait eu lieu nécessairement s'ils avaient été découverts d'eau avant l'explosion, et s'ils avaient rompu lors de l'explosion par l'effet de la pression intérieure. D'ailleurs la déclaration unanime des gens du bord est que l'eau ne manquait pas dans la chaudière.

Peut-être aussi ces tubes ont-ils commencé à être déchirés, aussitôt après l'explosion, par le

changement subit de forme qu'a dû prendre tout le système du générateur, lorsque la pression effective de trois atmosphères s'est trouvée presque subitement réduite à o, par l'ouverture des deux larges tubulures qui joignaient le générateur au réservoir.

Dépression de l'enveloppe du foyer sous la tubulure antérieure de la chaudière de bâbord.

La commission de surveillance s'exprime ainsi au sujet de cette dépression.

« Cette particularité ne paraît avoir aucune » relation avec l'événement arrivé à la chaudière » de tribord. On doit cependant remarquer que » la première chaudière était neuve, et que par » suite la dépression qui s'y est formée ne peut » pas être antérieure au 6 mars. »

Je regarde comme certain que la dépression observée à la chaudière de bâbord est le résultat de la rupture de l'autre chaudière. En effet, les deux chaudières étaient en communication, et lorsque celle de tribord s'est rompue, une très-large issue a été ouverte à la vapeur survenue dans le réservoir de la chaudière de bâbord. La pression de la vapeur sur la surface de l'eau contenue dans ce réservoir ayant été tout à coup supprimée, la masse d'eau liquide a été soulevée par la tension de la vapeur toute formée qu'elle contenait, et celle qui était dans le générateur s'est précipitée avec une énorme vitesse sur les deux tubulures supérieures. Or, il est évident que, pendant que ces effets se sont produits, les parois internes du générateur ont été soumises à des pressions très-inégales, et que les parties de ces parois qui étaient opposées aux orifices d'écoulement supportaient

des pressions beaucoup plus considérables que les autres.

Le dôme de l'enveloppe cylindrique du foyer dans la partie placée directement au-dessous de la tubulure devait supporter une pression énorme, parce que les filets liquides affluant de toutes parts avec de grandes vitesses, étaient déviés presque à angle droit dans l'espace situé au-dessous de la tubulure dans laquelle ils se précipitaient; il en résultait donc sur l'enveloppe cylindrique du foyer une pression presque égale à la quantité totale du mouvement de la masse liquide, qui s'écoulait par l'ouverture supérieure, dans l'unité de temps, pression qui agissait dans le sens de la dépression observée.

Si ces aperçus sont justes, on en tirera cette conséquence qu'il s'en est peut-être fallu de très-peu que la rupture de la chaudière de tribord fût immédiatement suivie de l'explosion de la chaudière de bâbord.

Plusieurs cas d'explosions consécutives dans des circonstances analogues, ont été signalés dans le journal américain de l'institut de Franklin. Un fait analogue observé à la mine d'étain de Polgooth est cité dans la notice de M. Arago, publiée dans l'Annuaire du bureau des longitudes pour 1830.

Résumé.

L'explosion de la chaudière de tribord du bateau à vapeur *la Bretagne*, survenue le 6 mars, est évidemment le résultat du défaut de résistance des joints mastiqués des larges tubulures qui mettaient en communication le réservoir et le générateur de vapeur.

Les armatures par lesquelles le constructeur avait voulu renforcer les assemblages de ces tubulures et suppléer à l'adhérence du mastic étaient hors de toute proportion avec les efforts qu'elles devaient soutenir.

Toutes les circonstances de cette explosion peuvent s'expliquer par l'action de la vapeur, sans qu'il soit nécessaire d'admettre qu'il y ait eu, à aucune époque, un vide d'eau dans la chaudière ou une tension de la vapeur supérieure à cinq atmosphères que la chaudière aurait dû pouvoir supporter d'après l'épreuve légale d'une pression d'eau de douze atmosphères, triple de la pression effective. Elle avait bien soutenu cette pression d'épreuve; mais le joint mastiqué d'une des tubulures avait été refait depuis, et par conséquent les conditions de solidité n'étaient point identiques le jour de l'épreuve et le jour de l'explosion; d'ailleurs l'adhérence du mastic est certainement une force très-peu constante qui peut être modifiée par le temps et par beaucoup de circonstances accidentelles.

La déchirure des six tubes supérieurs paraît être le résultat de l'action du feu sur ces tubes après l'explosion, ou de la déformation brusque qui a immédiatement suivi la projection du réservoir.

Il est fort peu probable qu'elle ait eu lieu antérieurement à l'explosion.

La dépression observée à la chaudière de bâbord est le résultat de la rupture de la chaudière de tribord avec laquelle elle était en communication, et peu s'en est fallu que la chaudière de bâbord ne fît explosion immédiatement après celle de tribord.

Conclusions.

Le rapporteur partage l'avis de la commission de surveillance de Nantes, et estime que les joints au mastic ferrugineux offrent des dangers très-graves, principalement dans les chaudières des bateaux à vapeur, où les tubulures de communication entre les diverses parties dont se compose la chaudière sont et doivent être très-larges.

L'adhérence produite par l'emploi du mastic ferrugineux ne peut être appréciée exactement. Elle varie avec la manière dont le mastic est fait et appliqué.

Enfin les parties voisines des joints au mastic ferrugineux s'oxydent très-rapidement, perdent leur ténacité, et il peut en résulter des ruptures de chaudières après un usage assez court.

Si on l'emploie dans certains cas, ce ne peut être que comme lut ou remplissage pour prévenir les fuites, et non comme résistant par lui-même à la rupture et à la séparation des parties ainsi mastiquées.

Le rapporteur est donc d'avis qu'il y a lieu de la part de M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics, de faire connaître le plus tôt possible à MM. les préfets et aux commissions de surveillance des bateaux à vapeur.

1° Que l'explosion arrivée à bord de *la Bretagne* le 6 mars 1841, a eu pour cause le défaut de résistance des armatures, et du mastic ferrugineux employé mal à propos pour lier les tubulures du générateur au réservoir.

2° Que les parties des chaudières des appareils

à vapeur placées à bord des bateaux doivent être toujours réunies au moyen de rivets ou d'armatures d'une force suffisante, et que le mastic ferrugineux, s'il en est fait usage, ne doit servir qu'à remplir les interstices des joints pour prévenir les fuites d'eau, et qu'on ne doit pas compter sur son adhérence pour prévenir les disjonctions des pièces entre lesquelles il est interposé.

3° Que l'emploi de ce mastic présente, même quand il est employé simplement pour garnir un joint, l'inconvénient très-grave d'être une cause d'oxydation, de ruine prompte pour la chaudière, et plus tard d'une explosion, si l'on n'a pas soin de faire en temps utile les réparations convenables en renouvelant les pièces oxydées; qu'il serait en conséquence à désirer que les joints fussent rendus étanches sans y avoir recours, et que les chaudières où on en fait usage doivent être l'objet d'une surveillance spéciale.

4° Que les joints au mastic ferrugineux peuvent résister à la pression d'épreuve faite à froid, et céder sous une pression beaucoup moindre, quand la chaudière fonctionne; soit parce que le degré d'adhérence varie avec la température, soit plutôt parce que le mastic s'altère rapidement, se brise par les chocs ou par les changements de température: qu'ainsi l'épreuve légale ne donne dans ce cas aucune garantie de solidité, et que les commissions de surveillance doivent s'assurer directement, par une visite minutieuse, du mode et de la solidité des assemblages des diverses parties de la chaudière, avant de proposer à MM. les préfets de délivrer des permis de navigation.

5° Que dans le cas où un bateau à vapeur contient deux chaudières distinctes et deux appareils

moteurs, comme cela avait lieu à bord de *la Bretagne*, il serait à désirer que les deux groupes de chaudières et d'appareils moteurs fussent entièrement isolés l'un de l'autre, attendu que la rupture d'une des chaudières peut être une cause déterminante de rupture de l'autre.

Enfin le rapporteur pense que la commission doit saisir cette occasion pour rappeler à M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics la proposition qu'elle a eu l'honneur de lui faire dans son dernier rapport sur l'explosion survenue à bord du *Citis*, de faire connaître aux préfets et aux commissions de surveillance, qu'indépendamment des épreuves légales prescrites par les ordonnances, les chaudières placées à bord des bateaux doivent être l'objet d'un examen minutieux, et que les permis de navigation ne doivent être délivrés que dans le cas où il est reconnu que ces chaudières ne présentent aucune cause particulière de danger, provenant soit du système général de leur construction, soit de la disposition relative ou de la jonction des diverses parties entre elles.

La commission des machines à vapeur, dans sa séance du 21 juin 1841, a approuvé le présent rapport et ses conclusions. Considérant ensuite qu'on ne saurait donner trop de publicité aux renseignements qu'il renferme, elle a été d'avis qu'il y avait lieu de proposer à M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics, de faire imprimer ce rapport dans les *Annales des mines* et dans les *Annales des ponts et chaussées*.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des travaux exécutés dans le laboratoire de Mézières pendant l'année 1840;

Par M. SAUVAGE, Ingénieur des mines.

1° *Analyses de dix-huit calcaires du département des Ardennes.*

Nous avons entrepris d'examiner, sous le rapport de leurs propriétés hydrauliques, les roches calcaires principales des diverses formations qui constituent le sol du département des Ardennes.

A cet effet, nous avons recherché leur composition chimique, puis nous avons essayé, au moyen de l'aiguille à l'épreuve, les chaux provenant de la calcination des pierres qui nous ont paru offrir une composition convenable. Nous donnons aujourd'hui le résultat de nos analyses, en nous réservant de faire connaître plus tard les circonstances de l'épreuve.

Jusqu'à présent, on n'exploite guère les calcaires hydrauliques des Ardennes que dans quelques bancs de la partie inférieure du lias à gryphées arquées; nos recherches font voir qu'on peut en exploiter aussi dans beaucoup d'autres formations.

	Naux. (1)	Givet. (2)	Mézières. (3)	Montimont. (4)
Carbonate de chaux.	0,725	0,960	0,704	0,635
— de magnésie. . . . — de protoxyde de fer.	0,026	»	0,080	0,031
Argile ou silice. { Silice. . . . / Alumine. . .	0,218 / 0,014 } 0,232	0,030	0,210	0,334
Eau et matières charbonneuses.	0,017	0,010	0,006	»
Totaux.	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lonny. (5)	Cliron. (6)	Prix. (7)	Vilette. (8)
Carbonate de chaux.	0,719	0,611	0,577	0,662
— de magnésie. . . . . — de protoxyde de fer.	0,055	0,055	0,077	0,040
Argile ou silice. { Silice. . . . / Alumine. . .	0,216	0,324	0,300 / 0,034 } 0,334	0,278
Eau et matières charbonneuses.	0,100	0,010	0,012	0,020
Totaux.	1,000	1,000	1,000	1,000

	Fresnois. (9)	Prix. (10)	Chevèges. (11)	Barbaise-croq. (12)	Guignicourt. (13)
Carbonate de chaux.	0,645	0,646	0,864	0,693	0,980
— de magnésie.	0,004	»	0,046	0,080	0,010
— de protoxyde de fer. . .	0,082	0.104			»
Argile ou silice. { Silice. . . . / Alumine. . .	0,244	0,226	0,100	0,220	0,010
Eau et matières charbonneuses.	0'025	0,024	»	0,007	»
Totaux.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	MAZARIN. (14)	GIRAUMONT. (15)	POIX. (16)	VERPEL. (17)	PROVIZY. (18)
Carbonate de chaux.	0,930	0,878	0,810	0,911	0,508
— de magnésie.	0,060	0,040	0,040	traces.	0,020
— de protoxyde de fer. . .	»			0,025	0,039
Argile ou silice. { Silice. . . . Alumine. . . }	0,010	0,082	0,150	0,064	0,410
Eau et matières charbonneuses.	»	»	»	»	0,023
Totaux.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) *Calcaire de Naux*. Il appartient à l'étage supérieur du terrain ardoisier (terrain silurien). Le dépôt affecte la forme d'une grande lentille. C'est un calcaire noir, très-dur, pétri de lamelles d'entroques, et contenant des grains de quartz hyalin, et çà et là quelques petits filons de cette substance qui traversent la masse. La chaux que l'on obtient après une calcination complète se durcit constamment quand on la gâche avec une petite quantité d'eau. C'est un véritable *plâtre-ciment* d'excellente qualité. Ce ciment, conservé à l'air pendant plusieurs mois, n'a point perdu de sa dureté ni de sa solidité. Quand, au contraire, on noie la chaux de Naux dans une quantité d'eau un peu considérable, la masse ne durcit point, et on peut l'employer comme la chaux ordinaire dans les constructions. C'est le seul usage qu'on en ait fait jusqu'à ce jour.

Le département des Ardennes ne possédant pas jusqu'à présent de ciments naturels, l'emploi du calcaire de Naux, comme plâtre-ciment, serait d'une grande importance, et il est probable

qu'un chaufournier intelligent qui entreprendrait la fabrication de cette matière réaliserait des bénéfices considérables. Il suffirait de calciner la pierre dans un four à chaux ordinaire, de broyer la chaux obtenue, et de la conserver et de l'expédier en vases clos. Le ciment de Vassy, qu'on a essayé d'employer dans les Ardennes, revient à un prix tellement élevé, que dès que le ciment de Naux, qui est probablement plus énergique encore, et qui reviendrait à bas prix, serait connu des constructeurs, son emploi deviendrait général.

La silice, qui seule donne à la chaux de Naux sa propriété hydraulique, est à l'état de quartz hyalin en particules très-ténues, et, ce qui est digne de remarque, en proportion moindre que celle qui constitue ordinairement les calcaires donnant un ciment qui durcit au bout de quelques instants.

(2) *Calcaire de Givet.* Il appartient à l'étage calcareux inférieur du terrain anthraxifère, soit au terrain devonien de MM. Murchison et Segdwick. C'est celui qu'on exploite comme marbre. Il est noir, veiné de spath calcaire blanc. Il donne à la calcination une bonne chaux grasse.

(3) *Calcaire des fossés de la citadelle de Mézières.* Il appartient au lias à gryphées arquées. C'est un calcaire gris, compacte, qui doit être éminemment hydraulique. Il est du reste tout à fait analogue à celui qu'on exploite dans le même gisement en différents points du département, et qui fournit, quand on opère avec soin, une chaux hydraulique de très-bonne qualité.

(4) *Calcaire de Montimont.* Il appartient à la partie inférieure du calcaire sableux, supé-

rieur au lias à gryphées arquées ; on le trouve en bancs de $0^m,25$ à $0^m,40$ d'épaisseur, alternant avec des sables jaunes micacés. Ce calcaire est fort dur; il a l'aspect d'un grès ; sa couleur est le gris jaunâtre clair. Les 0,33 que la pierre laisse dans l'acide hydrochlorique sont du quartz grenu à l'état de sable, avec une très-faible quantité d'argile (0,01 à 0,02). Ce calcaire ne pourrait donc donner qu'une chaux excessivement maigre.

(5) *Calcaire de Lonny*. C'est un calcaire bleu, à cassure conchoïde, qui se trouve en couches de $0^m,25$ à $0^m,30$ d'épaisseur dans la partie moyenne du calcaire sableux, à 50^m environ au-dessus du niveau géognostique du calcaire précédent. Il peut être essayé comme calcaire hydraulique.

(6) *Calcaire de Cliron*. Même gisement que le précédent, aussi de couleur bleue, mais d'une texture plus grossière; il est sableux, et le résidu (0,324), laissé dans l'acide muriatique, doit contenir plus de 0,20 de sable. Toutefois, il y aurait lieu d'essayer s'il est hydraulique.

(7) *Calcaire de Prix*. Il dépend de la partie supérieure du calcaire sableux qui a fourni, à divers niveaux, les trois échantillons précédents. Ce calcaire est tendre, il a l'aspect d'une roche arénacée; sa couleur est le jaune sale très-clair. Les 0,034 d'alumine que cette pierre renferme correspondent à environ 0,12 d'argile. Il resterait alors 0,18 de silice à l'état de sable quartzeux. Ce calcaire pourrait être essayé comme moyennement hydraulique.

(8) *Calcaire de Vilette*. Il appartient comme le précédent à la partie supérieure du calcaire sableux. La partie insoluble dans les acides (0,278)

enferme outre l'argile une petite quantité de sable. Ce calcaire doit être très-hydraulique.

(9) *Calcaire de Fresnois*. Il appartient au *calcaire ferrugineux* liasique, lequel est supérieur au calcaire sableux dont il est séparé par 30 mètres de marnes. C'est un calcaire compacte, dur, d'un gris verdâtre, taché de veines rouges. Il renferme une proportion notable de carbonate de protoxyde de fer (un atome environ pour 10 atomes de carbonate de chaux). Il doit donner une chaux éminemment hydraulique.

(10) *Nodules de Prix*. Ces nodules se rencontrent dans les marnes supérieures au calcaire ferrugineux précédent. Ils affectent la forme lenticulaire et leurs dimensions sont très-variables; on en observe qui ont plus de 0,m40 de longueur. Leur composition est tout à fait analogue à celle du calcaire ferrugineux. Ils doivent aussi donner de la chaux très-hydraulique.

(11) *Calcaire de la tranchée de Cheveuge*. Il est extrait des couches inférieures de l'oolithe inférieure. C'est un calcaire gris jaunâtre, terreux, tendre. Il produirait de la chaux maigre, peut-être faiblement hydraulique.

(12) *Calcaire de Barbanaroc*. Il dépend de la partie supérieure de l'oolithe inférieure. C'est un calcaire sableux à texture grossière de couleur jaunâtre. Le résidu (0,22) étant du sable pur, le calcaire ne peut donner que de la chaux très-maigre.

(13) *Calcaire de Guignicourt*. C'est un calcaire blanc, oolithique, de la grande oolithe; c'est du carbonate de chaux presque pur.

(14) *Calcaire de la forêt Mazarin*. Même gisement; l'échantillon que nous avons analysé con-

tenait un polypier. C'est un calcaire blanc, compacte, dur. Il contient une assez forte proportion de carbonate de magnésie.

(15) *Calcaire des environs de Giraumont.* Il appartient à la partie inférieure du coral-rag. C'est un calcaire blanc, très-celluleux, à texture semi-compacte, semi-oolithique. Il ne pourrait fournir qu'une chaux grasse de qualité médiocre.

(16) *Calcaire de la crête de Poix.* Il se trouve dans les couches de la partie supérieure de l'oxford-clay. C'est un calcaire gris bleuâtre assez dur qui donnerait par la calcination une chaux moyennement hydraulique. Le résidu 0,15 est de l'argile à peu près pure.

(17) *Calcaire de Verpel.* C'est un calcaire bleu très-dur que l'on exploite comme moëllons et pour les routes. Il appartient à la partie moyenne du *calcaire à astartes.* Il ne renferme que 0,06 d'argile ou silice, et ne pourrait être par conséquent hydraulique.

(18) *Marne de Provizy.* Elle se trouve à la partie inférieure des marnes crayeuses sur lesquelles repose la craie blanche.

2° *Analyses de deux calcaires à oolithes ferrugineuses du département des Ardennes.*

	(1)	(2)
Carbonate de chaux	0,306	0,750
— de magnésie	0,048	0,026
Peroxyde de fer	0,438	0,124
Oxyde de manganèse	0,002	0,019
Oxyde de chrôme	traces.	»
Argile	0,132	0,040
Eau	0,060	0,057
Totaux	0,986	0,996

(1) *Oolithe ferrugineuse de Margut.* Elle est en couches réglées dans la formation des calcaires ferrugineux (lias supérieur). Toutes les parties ne sont point aussi riches en fer que celle que nous avons examinées. On l'emploie comme castine dans les hauts fourneaux de Margut. L'échantillon précédent est un véritable minerai de fer rendant 30 p. 0/0 et pouvant agir dans le haut fourneau comme les 0,25 de son poids de carbonate de chaux pur.

(2) *Oolithe ferrugineuse des environs de Beaumont.* Son gisement est à la partie supérieure de la grande oolithe. On en rencontre quelques couches qui s'étendent jusque sur les plateaux qui dominent Raucourt. Cette roche serait une excellente castine pour les hauts fourneaux dont elle se trouve malheureusement à une assez grande distance.

3° *Analyse d'une craie tufau des Ardennes (partie supérieure de la formation).*

Les roches siliceuses de la craie tufau dont nous parlerons plus loin se chargent, dans la partie supérieure de la formation, de carbonate de chaux.

Un échantillon traité par l'acide muriatique étendu nous a donné :

Eau et acide carbonique.	0,216
Protoxyde de fer.	0,030
Alumine.	0,008
Chaux.	0,144
Magnésie.	0,005
Silice (soluble dans K̇a).	0,140
Argile, sable quartzeux et sable vert.	0,455
	0,998

Cette roche abandonne dans la dissolution de potasse 0,02 de silice ; 0,12 restent donc qui étaient combinés avec les bases. Ainsi, l'acide muriatique, quoique étendu, a décomposé une partie du fer silicaté que renferme le minéral, car l'alumine trouvée n'est point en rapport avec la proportion de silice, et celle-ci ne peut provenir d'argile qui aurait été décomposée ; elle ne pouvait être que combinée avec le protoxyde de fer. Toutefois nous ne pouvons déduire de l'analyse précédente la composition exacte de ce silicate, car nous n'avons point dosé directement l'acide carbonique, et il peut se faire qu'une très-petite portion de la chaux obtenue ait été combinée avec la silice. Notre but principal était de rechercher s'il y avait encore de la silice gélatineuse dans cette partie de l'étage crétacé.

On peut considérer la roche comme composée des parties suivantes :

Eau	0,104
Carbonate de chaux	0,256
Silice gélatineuse	0,020
Alumine, sable quartzeux et sable vert.	0,620
	1,000

4° *Analyse de deux roches siliceuses* (oxford-clay et craie tufau) *du département des Ardennes*.

Nous avons examiné l'année dernière la roche connue dans le département des Ardennes sous le nom de gaize, et qui correspond à la craie tufau ou au grès vert supérieur. Nous avons vu que cette roche était composée d'environ 0,60 de silice gélatineuse soluble dans la lessive de potasse ; 0,25 de silice à l'état de sable insoluble dans la po-

tasse avec un peu d'argile; et 0,12 de silicate de protoxyde de fer, d'alumine, de chaux, de magnésie et de potasse représenté approximativement par la formule BS^2.

En étudiant la formation puissante de l'oxfordclay, nous avons vu avec étonnement que la plus grande partie des roches qui la composent avaient une composition presque identique avec la précédente et renfermaient environ les 0,60 de leur poids de silice gélatineuse. Toute la formation qui a 120^m de puissance dans le département des Ardennes est formée, à l'exception de sa partie supérieure qui contient des calcaires moyennement hydrauliques et des calcaires coquillers siliceux, de ces roches tendres, siliceuses, solubles en partie dans la potasse, légèrement verdâtres, lesquelles alternent avec des marnes noires et grises.

Nous donnons ici l'analyse de ces roches oxfordiennes et celle d'un autre échantillon de craie tufau pris à une grande distance de celui que nous avons analysé l'année dernière.

		Oxfordclay.		Craie tufau.	
Eau.		0,070	0,070	0,076	0,076
Silicate.	Silice.	0,050	0,093	0,105	0,165
	Protoxyde de fer.	0,015		0,020	
	Alumine	0,010		0,017	
	Chaux.	0,012		0,015	
	Magnésie et alcalis.	0,006		0,008	
Silice gélatineuse.		0,562	0,562	0,679	0,679
Argile et silice.	Silice.	0,251	0,275	(sable)	0,080
	Alumine.	0,024			
Totaux.			1,000		1,000

L'oxford-clay est une roche peu résistante, âpre au toucher, d'un blanc ou d'un gris verdâtre sale. Quelques petits points noirs sont disséminés dans la masse. Le silicate qu'elle renferme serait représenté par la formule BS^2.

La craie tufau est une roche fort tendre, blanchâtre, avec grains verts microscopiques qui, d'après l'analyse précédente, auraient pour formule BS^3.

Toutefois, nous devons observer que les analyses précédentes ne sauraient donner la composition exacte du silicate de fer que ces matières renferment. Les grains verts ne peuvent être isolés, et nous ne voyons point de moyens de parvenir à connaître rigoureusement leur composition. En traitant en effet par l'acide hydrochlorique, comme il est nécessaire qu'il soit concentré pour attaquer les grains verts, il est impossible d'éviter la décomposition d'une petite quantité d'argile que renferme le minéral. L'alumine de cette argile s'ajoute alors aux bases des silicates qui en renferment déjà, et la silice gélatineuse qui provient de cette décomposition est enlevée par la potasse avec celle qui était combinée avec les bases.

D'un autre côté, bien qu'aucune effervescence n'ait été observée lors du traitement par l'acide, il pourrait se faire que le minéral renfermât une très-petite quantité de carbonate de chaux dont la base viendrait encore augmenter le poids des oxydes du silicate.

Voici du reste la marche analytique que nous avons suivie :

Une partie de la roche porphyrisée était traitée par l'acide hydrochlorique concentré et bouillant qui enlevait les bases; le reste était mis en diges-

tion pendant plusieurs heures à la chaleur de l'ébullition dans une dissolution de potasse. Le résidu insoluble était fondu avec de la potasse caustique dans un creuset d'argent.

Une seconde partie de la matière était traitée par la lessive de potasse, par l'acide hydrochlorique, puis par la potasse qui enlevait la silice combinée avec les bases, et enfin fondue au creuset d'argent avec l'alcali caustique.

5° *Analyse de l'halloysite d'Écogne* (Ardennes).

Nous avons découvert ce minéral dans les minières d'Écogne, près de Mézières. Il se trouve en petites boules au milieu des argiles (diluviennes) avec minerai de fer, qui remplissent les fentes et cavités des calcaires de l'oolithe inférieure. Il se délite après quelques jours d'exposition à l'air, et tombe en petits fragments que l'on trouve disséminés dans l'argile. Il ne se rencontre pas, du reste, en grande abondance.

Sa couleur est le blanc mat, possédant généralement une teinte bleu-de-ciel très-claire. Cette substance est aussi tendre que la craie ordinaire, elle est onctueuse et happe fortement à la langue. Elle ne fait point pâte avec l'eau. A la chaleur de l'ébullition, elle perd 0,12 d'eau. Chauffée plus fortement, elle ne perd plus rien, et ce n'est que quand l'on approche de la température rouge, et qu'on la soumet à une forte calcination, qu'elle perd encore 0,12 d'eau; elle renferme donc en tout les 0,24 de son poids d'eau. Plongée dans l'eau, elle absorbe 0,08 de ce liquide, et devient demi-transparente. Cette absorption a lieu pen-

dant les premiers instants; elle n'augmente pas par une immersion plus prolongée. Par une exposition de douze heures à l'air libre, l'halloysite perd ces 0,08 d'eau.

L'acide muriatique concentré et bouillant l'attaque complétement.

Elle donne à l'analyse :

Silice.	0,42	Oxygène.	2,220	3
Alumine.	0,34		0,158	2
Eau.	0,24		0,220	3
	1,00			

Cette composition se représente bien par la formule $(AS^3 + 2Aq) + A \cdot Aq$, qui ne diffère point de celle de l'halloysite de Bayonne analysée par M. Berthier, et qui ne diffère de celle de l'halloysite de Nontron que par un atome d'eau. Il y aurait toutefois, entre l'halloysite de Bayonne et celle d'Écogne, cette différence que la première ne perd à 100° que 0,08 d'eau, tandis que l'autre en abandonne 0,12. Si l'on admettait que ces 0,12 d'eau ne fussent pas combinés, la formule deviendrait $(AS^3 + \frac{1}{2} Aq) + A \cdot Aq$, et cette substance renfermerait moins d'eau qu'aucune halloysite connue jusqu'à présent.

Il convient aussi d'observer que, par son immersion dans l'eau, elle prend justement un atome d'eau. Si l'on regardait cet atome comme combiné, la formule de l'halloysite d'Écogne serait $(AS^3 + 3\,Aq) + A \cdot Aq$, qui est précisément celle de l'halloysite de Nontron.

6° *Examen de diverses substances employées dans l'usine de Dammarie* (Meuse) *pour la fabrication des briques.*

Sable rouge. On le trouve à la surface du sol sur les hauteurs des environs de Dammarie.

Il renferme :

Sable quartzeux blanc très-peu argileux.	0,896
Oxyde de fer.	0,050
Eau.	0,054
	1,000

Il est trop ferrugineux pour entrer dans la composition des briques réfractaires de l'ouvrage du fourneau.

Terre du Vertbois. Cette terre est d'un blanc jaunâtre. Elle est onctueuse et fait pâte avec l'eau. Elle laisse par décantation 0,40 d'un sable quartzeux blanc, partie cristallisé et transparent, partie opaque. Elle est composée de :

Eau.	0,070
Carbonate de chaux.	0,026
Oxyde de fer.	0,014
Argile.	0,490
Sable siliceux. . . .	0,400
	1,000

Le carbonate de chaux qu'elle renferme doit la rendre impropre à la fabrication de bons matériaux réfractaires.

On a fabriqué pendant longtemps des briques avec la terre du Vertbois et le sable rouge de Dammarie, mais les ouvrages se détériorant promptement, on a dû chercher à se procurer une matière première plus réfractaire.

Terre de Villé en Trode. Aucune argile réfractaire n'ayant été rencontrée dans le pays à proximité des usines, on a fait venir dans ces derniers temps une argile blanche de Villé-en-Trode (Aube?) qu'on se propose d'employer dans la construction des ouvrages de fourneaux. On ignore les circonstances de son gisement. On a analysé cette argile en la traitant successivement par l'acide sulfurique concentré et par la lessive de potasse.

Dans le premier traitement l'acide sulfurique a enlevé : Alumine. . . . 0,2270
et la potasse a dissous : Silice. 0,3170

Dans un second traitement, l'acide sulfurique a enlevé : Alumine. 0,0070
et la potasse : Silice. 0,0177

L'argile soumise à une forte calcination perd : Eau. 0,1260
Le reste. . . . . 0,3023 inattaquable par l'acide sulfurique et la potasse liquide, a été fondu dans le creuset d'argent avec la potasse caustique. C'était de la silice pure.

Ces résultats conduisent à une composition fort remarquable.

En effet, le premier traitement a donné :

Alumine.	0,2270
Silice.	0,3170

d'où

Oxygène de l'alumine. .	0,1060	2
— de la silice. . .	0,1646	3
— de l'eau. . . .	0,1121	2

Ce qui conduit à la formule de l'halloysite $(AS^3 + Aq) + A.Aq$.

Le second traitement a fourni :

Alumine.	0,0070
Silice.	0,0177

d'où

Oxygène de l'alumine. .	0,0032	1
— de la silice. .	0,0092	3

Cette seconde portion est donc le silicate AS^3. Remarquons qu'elle n'est guère que les 0,05 de la première, et qu'en réunissant les résultats du second traitement à ceux du premier, on aura, pour les quantités d'oxygène, 0,1092 — 0,1738 — 0,1120 qui ne diffèrent pas plus que les premiers des proportions 2, 3 et 2.

Cette petite portion du silicate AS^3 aurait pu être enlevée par une action plus prolongée de l'acide sulfurique lors du premier traitement. On sait d'ailleurs qu'il est très-difficile d'attaquer complétement par les acides certaines halloysites.

La terre de Villé-en-Trode est donc une halloysite qui a pour formule $(AS^3 + Aq) + A.Aq$, mélangée avec un sable siliceux pur extrêmement fin.

Elle renferme :

Silice.	0,3347
Alumine.	0,2340
Eau et acide carbonique.	0,1260
Chaux.	0,0030
Sable siliceux très-fin. . .	0,3023

Ou :

Hydrate d'alumine A.Aq.	Alumine.	0,1170	0,1788
	Eau. . .	0,0618	
Silicate d'alumine. Hydrate AS^3+Aq.	Silice. . .	0,3347	0,5135
	Alumine.	0,1170	
	Eau. . .	0,0618	
Carbonate de chaux.		0,0054	0,0054
Sable fin.		0,3023	0,3023
		1,0000	1,0000

Cette argile nous paraît très-propre à la fabrication des briques réfractaires. On l'emploierait en mélange intime avec une certaine proportion de sable quartzeux pur qu'on obtiendrait par le bocardage des cailloux de quartz blanc qu'il est facile de se procurer à très-peu de frais.

Elle peut encore servir pour la préparation du sulfate d'alumine pur. On prétend d'ailleurs que son gisement est fort étendu.

7° *Analyse et essai de six minerais de fer du département des Ardennes.*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Peroxyde de fer. . . .	0,483	0,734	0,340	0,669	0,630	0,6260
Protoxyde.	»	0,006	»	»	»	0,0162
Oxyde rouge de manganèse.	0,012	traces	0,068	0,008	0,002	0,0040
Oxyde de chrôme. . .	traces	traces	»	traces	traces	0,0040
Acide phosphorique. . .	0,012	»	»	traces	0,027	0,0164
Carbonate de chaux. . .	0,043	traces	traces	0,022	0,054	0,0142
— de magnésie. . .	traces	»	»	0,008	traces	0,0080
Alumine.	0,016	0,012	0,014	0,017	0,015	0,0180
Argile et silice. . . .	0,324	0,120	0,490	0,162	0,124	0,1480
Eau.	0,110	0,128	0,088	0,114	0,148	0,1452
Totaux. . . .	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,0000
Fondant ajouté à l'essai. Carbonate de chaux. .	0,147	0,070	0,273	0,065	0,020	0,0800
Fonte à l'essai.	0,332	0,518	0,258	0,468	0,444	0,466

(1) *Minerai de fer de la Ferté.* Il appartient à un dépôt superficiel situé dans la vallée de la

Chiers. C'est un minerai d'alluvion et remanié, provenant probablement de la destruction des couches de l'oolithe ferrugineuse (analyse n° II) qui affleure à un niveau peu élevé au-dessus de la vallée. Ce minerai est en petits grains bruns arrondis de 0,m 003 à 0,m 015 de diamètre, en fragments irréguliers de même couleur et en plaquettes généralement plus pâles et qui souvent ne sont qu'une argile ocreuse. Il ne donne qu'un fer de mauvaise qualité, ce qui tient à la présence de l'acide phosphorique. On le fond en mélange avec des minerais provenant d'autres gisements et d'une qualité un peu meilleure. La tonne de ce minerai lavé coûte sur place environ 9f,50.

La fonte obtenue à l'essai était grise à gros grains irréguliers et très-cassante; la scorie étaitbien fondue, vitreuse, vert bouteille.

(2) *Minerai du pavillon, commune de Signy-le-Petit.* C'est un minerai en fragments amorphes et en géodes, déposé sur le bord du terrain ardoisier près de l'affleurement des couches marneuses du lias. Il provient probablement du remaniement et du transport à d'assez grandes distances des minerais de fer du terrain devonien. Fondu seul, il donnerait un fer de bonne qualité; mais les maîtres de forge qui l'emploient, fabriquant spécialement de la fonte de moulage, le mélangent avec des minerais phosphoreux d'un autre gisement. La tonne coûte environ 9 francs. La fonte obtenue à l'essai était truitée, très-cristalline, composée de grandes lamelles enchevêtrées les unes dans les autres et de quelques parties grises grenues. Elle était peu résistante, et elle s'est aplatie dès le premier choc sous le marteau. La scorie était vitreuse de couleur violette.

(3) *Minerai de la croix Bala, commune de Signy-le-Petit.* Il a le même gisement que le précédent. Il est remarquable par la grande quantité de manganèse qu'il renferme, et il pourrait servir à fabriquer des fontes à acier.

La fonte obtenue à l'essai était blanche, extrêmement cassante et très-lamelleuse. La scorie était opaque, d'un blanc grisâtre, très-dure; la quantité de manganèse qu'elle retenait devait être très-peu considérable.

On l'emploie comme le précédent avec des minerais phosphoreux.

(4) *Minerai de Villers-Saint-Mouzon.* Il est déposé dans les cavités et fentes des calcaires de l'oolithe inférieure, et il est associé à des argiles de diverses couleurs qui renferment aussi des cailloux de quartz blanc laiteux. C'est dans un pareil gisement et sur toute la ligne d'affleurement de l'oolithe inférieure et de la grande oolithe qu'on rencontre le seul minerai des Ardennes qui produise du fer de bonne qualité. Nous avons cependant trouvé des traces d'acide phosphorique dans le minerai de Villers et même dans ceux qui sont regardés comme les plus purs. Ce minerai est en grains et fragments irréguliers.

Les 0,162 désignés sous le nom d'argile et silice contiennent 0,032 de silice gélatineuse solubles dans la dissolution de potasse, lesquels correspondent aux 0,017 d'alumine que l'acide a enlevés: peut-être aussi y aurait-il une faible proportion d'hydrate d'alumine.

C'est dans le gisement de ces minerais que nous avons trouvé à Écogne l'halloysite n° 1.

La fonte obtenue à l'essai était grise, très-ré-

sistante, de bonne qualité. La scorie était vitreuse, incolore.

(5) *Minerai de Poix*. C'est un minerai en petits grains noirs de la grosseur d'une tête d'épingle. Il est en couche réglée à la partie inférieure de l'oxford-clay. Ce gîte est fort abondant et alimente de nombreuses usines. Ce minerai convient principalement pour la fabrication de la fonte de moulage ; il est très-phosphoreux et ne produit que du fer tendre. La fonte obtenue à l'essai était grise, à gros grains peu serrés, avec quelques parties lamelleuses ; elle était extrêmement cassante et elle s'est aplatie en se fendillant sous le marteau. La scorie était bien fondue, vitreuse, transparente, de couleur sépia.

(6) *Minerai de Launois*. Il est en très-petits grains rouges. On le rencontre en couche à la partie supérieure de l'oxford-clay (terrain à chailles de M. Thirria). Il alimente un grand nombre d'usines, mais il ne produit que du mauvais fer. La fonte que nous avons obtenue à l'essai était grise à grains fins, très-cassante. La scorie était pierreuse, opaque, légèrement colorée en vert.

Sa surface était recouverte d'une couche mince de titane.

Nota. Il est remarquable que nous ayons trouvé du chrôme dans la plupart des minerais des Ardennes, aussi bien dans les minerais des formations les plus récentes que dans ceux des terrains secondaires et du terrain de transition.

8° *Essai du minerai de fer et de la castine de Ligny* (Meuse).

Minerai de Ligny. On l'emploie dans l'usine de Dammarie en mélange avec d'autres minerais,

pour la fabrication de la fonte de moulage. C'est un minerai en plaquettes et fragments irréguliers, déposé dans les dépressions du calcaire jurassique supérieur. Il appartient probablement à la période néocomienne.

Il perd par calcination 0,154 d'eau.

Il laisse dans l'acide hydrochlorique 0,212 d'argile.

10 grammes de minerai brut = minerai calciné. .			8,46
1,20 de carbonate de chaux = chaux.			0,67
	Total des matières fixes.		9,13
ont donné :	Fonte. . . . 4,00	Total. . .	7,46
	Scories. . . 3,46		
		Oxygène.	1,67

Fondant ajouté.	0,67	
Matières vitrifiables. . . .	2,79	
Matières insolubles.	2,12	
Matières solubles.	0,67	(alumine.)

La fonte était grise, à grains fins, extrêmement cassante.

La scorie était opaque, d'un gris de fer, bulleuse. On distinguait en trois ou quatre points du titane métallique d'un jaune de cuivre très-intense, et une partie ayant un demi-millimètre carré de surface, d'un bleu d'azur très-pur. C'était probablement de l'oxyde de titane.

Castine employée à Dammarie. La castine de Dammarie, que l'on emploie avec le minerai de Ligny, est un calcaire provenant des couches supérieures du portland-stone.

Elle est composée de :

Carbonate de chaux.	0,97
Argile et sable. . . .	0,03
	1,00

9° *Analyse du fer carbonaté d'Aulnois, département de la Meuse.*

On trouve dans les minières d'Aulnois, au milieu des grains et plaquettes de fer hydroxydé, des nodules de dimensions variables d'une roche compacte, de couleur grise, qui ressemble à un calcaire argileux ordinaire, et que l'on a soin de rejeter comme une pierre qui ne renferme pas de fer. Sa grande densité nous a porté à la regarder comme un fer carbonaté, et l'analyse a confirmé cette opinion. On le rencontre assez abondamment au milieu des minerais en grains et plaquettes qui sont déposés dans les dépressions irrégulières du portland-stone, et qui, probablement, appartiennent à la partie inférieure du terrain néocomien de la Haute-Marne.

L'analyse a donné le résultat suivant :

Protoxyde de fer.	0,4904
Oxyde de manganèse.	0,0060
Alumine.	0,0060
Chaux.	0,0400
Magnésie.	0,0072
Acide phosphorique.	0,0132
Silice soluble dans la potasse après l'action de l'acide hydrochlorique.	0,0290
Argile.	0,0680
Perte au feu.	0,3372
	0,9970

On remarquera que la proportion de silice rendue soluble est trop forte relativement à celle de l'alumine, pour que l'on puisse supposer qu'elle provienne seulement d'une portion d'argile qui aurait été décomposée par l'acide. Il doit donc

exister dans le minéral une certaine quantité d'alumino-silicate de protoxyde de fer, qui ne doit pas s'élever au-dessus de 2 ou 3 centièmes. Le barreau aimanté est, du reste, sans action sensible sur sa poussière. En faisant abstraction de ce silicate, on aurait pour la composition du minéral :

Carbonate de protoxyde de fer.	Protoxyde de fer. . .	0,4706	0,7652
	Acide carbonique. .	0,2946	
Phosphate. . . .	Protoxyde de fer. . .	0,0198	0,0330
	Acide phosphorique.	0,0132	
Carbonate de chaux.			0,0714
— de magnésie.			0,0144
— de manganèse.			0,0100
Alumine.			0,0060
Silice devenue soluble.			0,0290
Argile.			0,0680
			0,9970

Il renferme 0,38 de fer. La quantité des bases autres que le fer étant plus que suffisante pour faire fondre l'argile, on pourrait, en l'employant avec les minerais en grains, diminuer la proportion de castine que l'on ajoute habituellement. Toutefois on ne doit l'employer qu'avec réserve à cause de l'acide phosphorique qu'il renferme, et seulement quand la bonne qualité du fer n'est point une condition essentielle.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des travaux exécutés dans le laboratoire de chimie de Vesoul, pendant l'année 1840.

Par M. ÉBELMEN, Ingénieur des mines.

1° *Eau d'un puits creusé dans l'enceinte de la maison de correction de Vesoul.*

Ce puits est tout entier dans les schistes bitumineux et pyriteux qui se trouvent dans la partie supérieure du terrain liasique, au-dessus du calcaire à gryphées.

3 litres de cette eau ont été évaporés doucement jusqu'à siccité, et le résidu de l'évaporation a été traité successivement par l'alcool, l'eau et l'acide hydrochlorique. On y a trouvé par litre :

	gr.
Nitrate de potasse. . . .	traces.
Chlorure de potassium. .	0,015
Chlorure de magnésium. .	0,074
Sulfate de chaux.	0,126
Carbonate de chaux. . .	0,132
Oxyde de fer.	traces.
Silice.	0,015
Matière organique. . . .	quantité indéterminée.
	0,362

1 litre renferme en outre 62$^{c.c.}$,2 de gaz composés de :

Acide carbonique.	39
Oxygène.	6,6
Azote.	16,6
	62,2

L'eau des fontaines de Vesoul qui provient de sources surgissant à la séparation des calcaires du premier étage jurassique et des marnes du lias, ne renferme qu'une trace de chlorures alcalins et point d'acide sulfurique. Le résidu de l'évaporation à siccité est conséquemment composé de carbonate de chaux, dissous dans l'eau à l'aide d'un excès d'acide carbonique.

La présence du sulfate de chaux dans les eaux qui proviennent des schistes bitumineux du lias paraît due à l'action que les eaux aérées exercent sur les pyrites que contiennent ces schistes. On remarque, en effet, que ces schistes, exposés à l'air, se couvrent d'efflorescences blanches de sulfate de chaux, et l'on a constaté, par une expérience directe, faite en exposant à l'air pendant plusieurs mois cette matière au contact de l'eau, qu'il s'était formé une quantité considérable de sulfate de chaux.

2° *Calcaire de Melin.*

Ce calcaire appartient à la formation des marnes irisées, qui présente dans sa partie moyenne une assez grande épaisseur de calcaire magnésien. L'échantillon qui a été examiné est assez tendre; sa cassure, d'un brun très-clair, présente quelques lamelles spathiques. Il ne contient pas de débris organiques; on y a trouvé :

Carbonate de chaux.	0,532
Carbonate de magnésie. . . .	0,368
Peroxyde de fer.	0,012
Argile.	0,066
Eau et perte.	0,022
	1,000

Ce calcaire renferme environ 4 atomes de car-

bonate de chaux pour 3 atomes de carbonate de magnésie; mais comme les lamelles spathiques qu'on y remarque sont très-probablement du carbonate de chaux à peu près pur, il est à présumer que la pâte de la roche est l'espèce minérale formée de la réunion des deux carbonates, atome à atome, ainsi qu'on l'observe en général pour les couches situées dans l'est de la France, à ce niveau géologique.

La chaux qu'on obtient par la cuisson du calcaire de Melin jouit des propriétés qui permettent de l'utiliser dans des constructions hydrauliques.

3° *Calcaire de Bucey-les-Gy.*

Ce calcaire est exploité à la séparation du 3me étage jurassique et du terrain néocomien, près du village de Bucey-les-Gy, et tout à côté de la route départementale de Vesoul à Gray. Ses couches plongent au nord-ouest de 15 à 18°. On l'emploie pour fabriquer des chaux hydrauliques, qui sont estimées dans le pays : il est jaunâtre, à cassure terreuse, et tachant les doigts. Lorsqu'on le traite par les acides, l'acide carbonique qui se dégage a une odeur légèrement bitumineuse. On a constaté qu'il renfermait à la fois du protoxyde et du peroxyde de fer. Il contient :

		Acide carbonique.	
Carbonate de chaux. .	0,485	0,211	
Carbonate de magnésie.	0,405	0,209	0,215
Carbonate de fer. . . .	0,016	0,006	
Peroxyde de fer. . . .	0,014		
Alumine soluble. . . .	0,006		
Eau et bitume.	0,016		
Argile.	0,058		
	1,000		

Le calcaire analysé présente donc la composition chimique de la dolomie.

Le résidu argileux, insoluble dans les acides, ne renferme pas de grains sableux.

4° Minerai de fer de Chantes.

Ce minerai est en grains irréguliers, de grosseur variable. On l'exploite pour le haut-fourneau de Lenflandey. Le terrain qui le renferme paraît appartenir à l'étage tertiaire supérieur. Il a donné à l'analyse :

Eau et oxygène.	0,156
Peroxyde de fer.	0,518
Oxyde rouge de manganèse. .	0,016
Oxyde de chrôme.	trace.
Alumine soluble.	0,048
Argile et sable.	0,256
	0,994

Le minerai de Chantes renferme 35,7 p. o/o de fer métallique; on pourrait, à la rigueur, le fondre seul avec addition de castine.

Lorsqu'on introduit dans un flacon à deux tubulures contenant du zinc pur et de l'acide hydrochlorique étendu, une dissolution du minerai de Chantes dans l'acide hydrochlorique pur, et qu'on allume le jet de gaz hydrogène qui se dégage par un tube effilé en recevant la flamme sur une capsule en porcelaine, on observe que celle-ci se couvre d'un grand nombre de taches brunes, brillantes, qui présentent tous les caractères de l'arsenic métallique. Le minerai de Chantes contient donc une certaine quantité d'arséniate de fer, et c'est probablement à la présence de ce corps

qu'on doit attribuer ce résultat que les fontes produites par les minerais de Chantes et des environs ne sont pas de première qualité.

Les minerais de Pesmes, Autrey, la Résie-St-Martin, Valcey, qui sont renommés pour la qualité des fontes qu'ils produisent, ne donnent, quand on les essaye dans l'appareil de Marsh, que des taches extrêmement faibles, tandis que la plupart des minerais de la Haute-Saône donnent par ce procédé des indices certains de la présence de l'arsenic.

L'existence de l'arsenic dans les fontes de la Haute-Saône et dans les fers qui proviennent de leur affinage me paraît bien constatée d'après le fait suivant : quand on passe au cylindre des barreaux de fer de 20 lignes de côté pour en faire du fer marchand de petit échantillon, on remarque dans beaucoup d'usines une odeur très-sensible et parfaitement caractérisée d'acide arsénieux.

5° *Minerai de fer d'Aïssey* (Doubs).

Ce minerai est exploité par galeries à la partie inférieure des calcaires du premier étage jurassique, au contact des marnes du lias. On l'emploie comme fondant dans le fourneau de la Grâce-Lieu (Doubs); sa poussière est d'un brun-rouge et n'est pas magnétique. Quand on la traite par l'acide hydrochlorique étendu et froid, on obtient une liqueur incolore qui précipite en bleu par le cyanure rouge de potassium et de fer, et qui contient par conséquent du protoxyde de fer. Cette base s'est dissoute en même temps que les carbonates de chaux et de magnésie; le minerai renferme à la fois du carbonate de fer et du per-

oxyde de fer; l'acide carbonique qui se dégage quand on traite la matière par les acides possède une odeur fortement bitumineuse.

L'analyse a donné pour la composition du minerai :

Carbonate de chaux.	0,411
id de magnésie. . .	0,054
id de fer.	0,052
Peroxyde de fer.	0,169
Oxyde de manganèse. . . .	0,008
Alumine soluble.	0,024
Oxyde de chrôme.	trace
Argile et silice gélatineuse.	0,224
Eau et bitume.	0,059
	1,001

D'après cette composition, le minerai d'Aïssey ne renferme que 14,3 p. o/o de fer métallique. On ne l'emploie guère dans le haut-fourneau que pour servir de fondant aux minerais argileux. Sa composition présente de l'intérêt quand on la compare à celle d'autres minerais exploités à la même hauteur géologique. Ainsi le minerai de Laissey (Doubs) dont j'ai donné l'analyse dans les *Annales*, t. XVI, se trouve certainement dans le prolongement de la couche exploitée à Aïssey, et cependant il ne renferme pas sensiblement de protoxyde de fer; la présence du protoxyde de fer paraît liée à celle de la matière bitumineuse qui existe en proportion très-notable dans le minerai d'Aïssey. On peut concevoir facilement que la décomposition de la matière organique qui a produit le bitume ait pu exercer une action réduisante sur le peroxyde de fer au moment de son dépôt. D'ailleurs, la composition des fers carbonatés des houillères prouve que l'association du carbonate

de fer et des matières bitumineuses est un fait naturel assez commun.

6° *Essai de 5 minerais de fer.*

La proportion de fer métallique que contiennent les minerais essayés a été déterminée pour chacun d'eux au moyen d'une dissolution d'acide sulfureux liquide versée dans la liqueur qui renferme le peroxyde de fer combinée avec l'acide hydrochlorique. On sait que l'acide sulfureux ramène le peroxyde de fer dans sa dissolution au minimum d'oxydation en passant à l'état d'acide sulfurique. D'après le poids du sulfate de baryte obtenu, on peut donc calculer très-exactement le peroxyde de fer contenu dans un poids donné du minerai.

L'opération s'effectue d'une manière très-simple. On dissout 5 grammes de minerai dans l'acide hydrochlorique pur, et l'on filtre. Il est essentiel que le fer soit dans la liqueur au maximum d'oxydation. Pour tous les minerais en grains de la Haute-Saône, comme ils dégagent du chlore quand on les traite par l'acide hydrochlorique, on peut être certain que tout le fer se trouve à l'état de perchlorure dans la dissolution. On ajoute à la dissolution, chauffée à 60 ou 80°, de l'acide sulfureux liquide mélangé de chlorure de baryum. La liqueur se trouble presque instantanément, et au bout d'un certain temps, on s'aperçoit à la teinte qu'elle prend que l'action est complétement achevée. On fait bouillir, pour chasser l'excès de gaz acide sulfureux; on ajoute un excès de chlorure de baryum, on filtre et on calcine le sulfate de baryte obtenu : 1 de sulfate de baryte correspond à 0,67 de peroxyde de fer.

On détermine de cette manière le peroxyde de fer; on dose l'argile dans la même opération, et on évalue la perte au feu; on a par différence le poids des autres bases qui entrent dans la composition du minerai.

On a obtenu pour les 5 minerais de fer les nombres suivants :

	Granville (les Parmégnins) (1)	Mont-le-Vernois. (2)	Boursières. (3)	Raze (Moulemont). (4)	Clans. (5)
Perte au feu.	0,166	0,124	0,140	0,180	0,154
Peroxyde de fer.	0,512	0,370	0,506	0,494	0,560
Résidu insoluble.	0,206	0,442	0,288	0,216	0,190
Autres bases.	0,116	0,064	0,066	0,110	0,096
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) *Minerai exploité sur le territoire de Granville, canton dit les Parmégnins.* Il est mêlé de quelques petits nodules calcaires. Sa teneur en fer métallique est de 35,5 p. 0/0.

(2) *Minerai de Mont-le-Vernis, canton dit les Côtes.* Le minerai brut rend au lavage les 25 p. 0/0 de son volume de minerai lavé ; celui-ci est en grains irréguliers assez gros, mêlés de cailloux siliceux appelés chailles. Il contient quelques grains magnétiques; mais l'acide hydrochlorique dissout le minerai avec dégagement de chlore, ce qui

prouve que tout le fer se trouve dans la liqueur à l'état de peroxyde.

Sa teneur en fer métallique est de 25,6 p. o/o; il ne renferme pas trace de calcaire. Les 0,064 de matières solubles autres que le peroxyde de fer se composent d'alumine et d'oxyde de manganèse.

(3) *Minerai de Boursières.* Grains assez gros, arrondis; il ne contient pas de chailles ni de cailloux calcaires; sa teneur en fer métallique est de 35 p. o/o.

(4) *Minerai de Raze, canton dit les Moullemont.* Grains assez gros, irréguliers, friables, poussière brune; l'acide hydrochlorique en dégage beaucoup de chlore; il ne contient pas notablement de calcaire. Quand on introduit sa dissolution dans l'appareil où l'on prépare l'hydrogène au moyen du zinc et de l'acide sulfurique, on obtient sur les capsules de porcelaine des taches très-larges et parfaitement caractéristiques de l'arsenic.

Il contient 34,4 de fer métallique. Les 0,110 de matières solubles sont formés en grande partie d'oxyde de manganèse.

(5) *Minerai du bois communal de Clans.* Grains ronds, peu volumineux, quelques parties magnétiques; il contient 38,7 p. o/o de fer métallique; il renferme une proportion notable d'alumine soluble, et il est classé pour cette raison dans les minerais dits *mines froides*, qui exigent des fondants siliceux.

RAPPORT

Sur l'explosion d'une chaudière à vapeur de la machine d'extraction établie sur la fosse d'Azincourt, près d'Abscon (Nord).

Par M. COMBES, Ingénieur en chef des mines.

La machine d'extraction de la fosse d'Azincourt, d'une force de 30 à 40 chevaux, recevait la vapeur de quatre chaudières, dont trois en fonte et une en tôle de fer. Les trois chaudières en fonte étaient posées sur un même massif de maçonnerie, renfermé dans un bâtiment isolé de l'emplacement de la machine et de la quatrième chaudière. Chacune des premières consistait en un cylindre terminé par deux calottes hémisphériques, et deux bouilleurs également en fonte, dont chacun communiquait avec le cylindre principal par une tubulure unique placée à l'avant.

Le diamètre du cylindre principal était de $0^m,84$; sa longueur totale de bout en bout, y compris les deux calottes, de $2^m,64$. L'épaisseur de la fonte n'était pas uniforme et variait de 3 à 5 centimètres.

Le 23 juillet 1841, l'une des chaudières en fonte, celle qui était placée au milieu du massif de maçonnerie, fit explosion. Le directeur-gérant de l'exploitation, M. Lanvin, ne prévint M. l'ingénieur en chef des mines du département du Nord de l'accident qui était arrivé que le 29 du même mois, et, le 7 août suivant, M. Conte, ingénieur chargé du service des machines à vapeur, se rendit sur les lieux pour dresser le pro-

cès-verbal d'enquête, qui a été renvoyé par M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics à la commission des machiues à vapeur.

A l'arrivée de M. Conte, toutes les traces de l'explosion avaient disparu; les fragments de la chaudière rompue avaient été cassés et transportés dans une fonderie. L'ingénieur a donc dû se borner à consigner dans son procès-verbal les circonstances de l'accident, telles que les lui ont rapportées les personnes qui en avaient été témoins, ou qui s'étaient empressées de porter secours aux blessés. Ces circonstances sont d'ailleurs fort simples.

La chaudière fit explosion vers 6 heures du soir. Elle contenait la vapeur sous une tension habituelle de 2 à 3 atmosphères, et les soupapes étaient chargées en conséquence. Elle était munie de deux rondelles fusibles et d'un manomètre. Elle recevait l'eau d'alimentation par un tuyau qui traversait le dôme à $0^m,43$ de distance de l'extrémité postérieure, et descendait jusqu'à une distance de 5 centimètres du fond. La vapeur n'était point condensée; après avoir agi sur le piston de la machine, elle était rejetée directement dans la cheminée, et l'eau d'alimentation arrivait, sans avoir été préalablement échauffée, par le tuyau dont il a été parlé.

Au moment de l'explosion, la machine était arrêtée depuis dix minutes ou un quart d'heure, parce qu'on chargeait de bois la tonne qui allait descendre dans le puits : le manomètre accusait une tension qui ne dépassait pas 3 atmosphères, et les soupapes soufflaient avec force.

La rupture de la chaudière eut lieu suivant un plan presque exactement perpendiculaire à l'axe et passant au point où venait déboucher le tuyau

d'alimentation. Ce plan laisse, d'un côté, la chaudière presque tout entière, et, de l'autre, l'extrémité formée presque uniquement de la calotte hémisphérique postérieure. Cette partie fut lancée contre le mur du bâtiment, traversa une fenêtre C (*Pl. VII*, *fig.* 1), dont le seuil était à peu près au niveau du dôme de la chaudière, et alla tomber au dehors, à 11 mètres de distance de son emplacement primitif. L'autre partie de la chaudière ayant $2^{m},17$ de longueur, à laquelle les deux bouilleurs restèrent attachés, fut arrachée du massif de maçonnerie, et renversée en tournant sur le fond hémisphérique antérieur, de telle sorte que ce fond resta appuyé et posé sur le massif de maçonnerie, tandis que les bords de la section circulaire de rupture vinrent s'appuyer sur le mur du bâtiment faisant face à la porte du foyer, et dans lequel était pratiquée la porte d'entrée D. Les parties antérieure et postérieure du massif de maçonnerie du fourneau ne furent point démolies : toutes les poutres de la toiture furent enlevées avec les tuiles, et l'eau bouillante jaillit à une hauteur verticale d'environ 13 mètres, suivant la déclaration du directeur M. Lanvin. Quatre ouvriers, qui se trouvaient au moment de l'explosion dans le local des chaudières, furent atteints par la chute des débris de la toiture et brûlés par l'eau chaude. Leurs blessures n'ont point eu de gravité, et ils étaient tous à peu près complétement rétablis le 11 août, dix-huit jours après l'accident. Il paraît que le chauffeur était occupé à charger du combustible sur la grille de la chaudière qui a fait explosion, et qu'il s'est trouvé placé, après que celle-ci a eu lieu, sous le tronçon principal appuyé, comme on l'a dit, sur le massif des fourneaux et sur le mur D, circon

stance qui l'a protégé contre la chute des matériaux de la toiture.

M. Lanvin, dans sa lettre du 29 juillet à M. l'ingénieur en chef Blavier, déclare que la chaudière avait une fissure d'environ 30 centimètres de longueur, dans sa concavité et au-dessous de l'orifice du tuyau d'alimentation. M. Conte dit, dans son procès-verbal, que la preuve de l'existence de cette fissure antérieurement à l'explosion, résulte de ce que les bords des parties séparées, dans la section de rupture, étaient recouverts d'une couche d'oxyde de fer sur une longueur qui occupait environ 1/5 de la circonférence entière, et de ce que l'un des bouilleurs présentait à sa surface extérieure des traces d'oxydation, que l'on a dû attribuer à l'action de l'eau sortie par la fissure, et qui découlait sur la partie ainsi oxydée. Cette fissure n'avait point été remarquée, parce que le dessous de la chaudière était masqué par une voûte sous laquelle étaient enfermés les bouilleurs.

M. Conte pense que l'explosion est le résultat de cette fissure, probablement assez ancienne, dont il explique l'origine par l'arrivée de l'eau froide amenée par le tuyau alimentaire tout près de la paroi du fond, qui recevait sur sa face extérieure l'action directe de la flamme.

M. l'ingénieur en chef Blavier, admettant cette opinion comme plausible, ajoute cependant que, d'après les renseignements qu'il a reçus lui-même du directeur d'une exploitation voisine, qui s'était rendu sur les lieux et avait vu les fragments de la chaudière une heure après l'accident, les sections de rupture ne présentaient sur aucun point des traces d'oxyde, ni aucun autre indice d'une fissure ancienne.

Ces assertions contradictoires font regretter que

M. Lanvin, directeur de l'établissement, n'ait pas prévenu MM. les ingénieurs des mines aussitôt après l'accident du 23 juillet, et avant d'avoir enlevé et dénaturé les fragments de la chaudière. Les explosions d'appareils à vapeur, pouvant occasionner la mort de plusieurs personnes, engagent la responsabilité des propriétaires et mécaniciens, qui doivent être poursuivis devant les tribunaux, s'il ne résulte pas de l'examen de la chaudière et des circonstances de l'explosion que les mesures de sûreté prescrites par les règlements ont été observées, et qu'il n'y a eu ni imprudence ni négligence dans la conduite de l'appareil. Ce n'est donc qu'après le procès-verbal des ingénieurs, ou, à leur défaut, des maires ou commissaires de police, que l'on doit se permettre de faire disparaître les traces de l'explosion et de changer l'état des lieux.

Au surplus, dans le cas particulier dont il s'agit, il ne paraît pas que l'on ait failli à l'observation des règlements, ou que l'on ait manqué de prudence dans la conduite de l'appareil. La chaudière était en effet pourvue de tous les appareils de sûreté prescrits, et avait été soumise à l'épreuve voulue par l'ordonnance du 29 octobre 1823.

Revenant aux circonstances détaillées dans le rapport de M. Conte, il résulte des faits exposés, que, sans aucun doute, la rupture de la chaudière a commencé par la partie du fond concave situé au-dessous de l'orifice du tuyau alimentaire, au point où le directeur, M. Lanvin, déclare qu'il existait une ancienne fissure; il paraît même certain qu'une issue assez large a été ouverte à l'eau et à la vapeur, en ce point, avant que la rupture ait été complète, et que les deux parties de la chaudière aient été tout à fait disjointes. En effet, aussitôt après l'ouverture de cette issue, la chau-

dière s'est trouvée sollicitée par une force verticale résultant de la réaction sur la paroi opposée, force qui agissait de bas en haut, et dont la direction était très-éloignée du centre de gravité. Cette force a donc soulevé la chaudière, en même temps qu'elle lui a imprimé un mouvement de rotation; elle a été ainsi arrachée du massif de maçonnerie, par son fond postérieur d'abord. Dès que celui-ci a été tout à fait dégagé, la calotte hémisphérique postérieure s'est séparée complétement du tronçon antérieur et a été projetée par la fenêtre C. L'eau s'est précipitée en même temps par l'extrémité ouverte du tronçon, et la force de réaction dirigée maintenant suivant l'axe de la chaudière, passant encore au-dessus du centre de gravité du corps entier, à cause des deux bouilleurs qui sont demeurés adhérents à la chaudière, a entretenu et accéléré le mouvement de rotation en vertu duquel l'axe de la chaudière a atteint et ensuite dépassé la position verticale, de sorte que celle-ci est venue s'appuyer sur le mur où était pratiquée la porte D, tandis que son fond est resté posé sur le massif des fourneaux. C'est pendant que l'axe de la chaudière se trouvait vertical, ou à peu près, que l'eau chaude a jailli à une grande hauteur. Si l'on supposait que la rupture eût eu lieu de prime abord sur le contour entier de la circonférence, les mouvements imprimés aux deux parties de la chaudière eussent été tout différents, et les extrémités du massif des fourneaux auraient été probablement démolies. Nous regardons par conséquent comme indubitable que la chaudière a rompu d'abord par le fond, et tout porte à croire qu'une ou plusieurs fissures antérieures, déterminées peut-être par l'arrivée de l'eau froide alimentaire, existaient déjà dans cette par-

tie, ainsi que l'a déclaré M. Lanvin. Il est fâcheux qu'on ne se soit pas assuré, en rapprochant les fragments de la chaudière, après la rupture, si un éclat de fonte assez large n'a pas été détaché du fond concave, au-dessous du débouché du tuyau alimentaire.

Résumé et conclusions.

1° L'explosion de la chaudière d'Azincourt, survenue le 23 juillet 1841 est le résultat d'une ou plusieurs fissures probablement anciennes, qui se sont faites dans le métal du cylindre, à sa partie concave, au-dessous du débouché du tuyau d'alimentation.

2° L'arrivée de l'eau froide alimentaire à une petite distance de la paroi en fonte chauffée extérieurement par la flamme, a pu déterminer la formation de ces fissures, ainsi que le pense M. Conte.

3° Il ne paraît pas qu'il y ait eu inobservation des règlements, ni imprudence, ni défaut de surveillance, de la part du propriétaire ou du mécanicien.

4° Néanmoins M. Lanvin, directeur-gérant des mines d'Azincourt a eu le tort grave de ne prévenir que tardivement MM. les ingénieurs des mines, et de faire disparaître les traces de l'explosion et les fragments de la chaudière, avant la visite des lieux par eux ou par les autres agents de l'autorité administrative.

5° Les chaudières en fonte offrent un danger particulier dont l'explosion d'Azincourt est un nouvel exemple. Elles sont sujettes à se fissurer par des chocs, à cause de la nature cassante du métal, ou par des variations rapides de température, à cause de leur forte épaisseur ; ces fissures, quand elles demeurent inaperçues, peuvent ame-

ner une explosion. La commission pourrait aller jusqu'à proposer à M. le sous-secrétaire d'état des Travaux publics la prohibition absolue des chaudières en fonte, si leur usage ne devenait pas journellement plus rare dans l'industrie, par la raison qu'elles coûtent beaucoup plus cher que des chaudières en tôle de même capacité, et sont moins favorables à l'économie du combustible, par suite de la forte épaisseur qu'on est obligé de leur donner (1). Aussi ne construit-on plus de chaudières neuves en fonte, de dimensions un peu considérables. Quant aux anciennes chaudières de cette nature, elles doivent être l'objet d'une surveillance spéciale de la part de MM. les ingénieurs chargés du service des machines à vapeur, et j'estime qu'il y a lieu de proposer à M. le sous-secrétaire d'état des Travaux publics, d'inviter MM. les ingénieurs à soumettre fréquemment (une fois par an au moins), ces anciennes chaudières à la pression d'épreuve quintuple de la pression effective de la vapeur, prescrite par l'ordonnance royale du 29 octobre 1823.

Approuvé par la commission des machines à vapeur, dans sa séance du 24 novembre 1841.

---

(1) *N.* L'usage des chaudières en fonte et en laiton est prohibé par le nouveau règlement prussien, en date du 6 mai 1838. L'article 14 de ce règlement autorise cependant l'emploi des tubes bouilleurs, et des tuyaux destinés à conduire la flamme et la fumée, en laiton et en fonte de fer, jusqu'à un diamètre intérieur de 4 pouces du Rhin (7$^{cent.}$,8) pour les tubes en laiton, et de 18 pouces (47 centim.) pour les tubes en fonte de fer. CH. C.

EXTRAIT

D'une lettre de M. le baron A. DE MEYENDORF, *à M.* ÉLIE DE BEAUMONT, *sur un essai de carte géologique de la Russie d'Europe.*

Saint-Pétersbourg, le 28 janvier 1841.

Lorsqu'en 1838, je présentai à la Société géologique de France un si faible aperçu de la géologie de la Russie (1), je ne pouvais espérer qu'en 1841, je pourrais déjà vous donner sur la séparation des grands terrains de la Russie d'Europe, des notions positives et, sinon complètes, du moins suffisantes pour faire entrer la connaissance géologique de la Russie dans le cadre commun de ces connaissances relatives au reste de l'Europe.

Le comte Cancrine, ministre des finances de Russie, et qui y protége tous les mouvements scientifiques, a bien voulu me charger d'une reconnaissance générale des ressources industrielles du pays. J'en ai profité dans l'intérêt de la géologie.

MM. Murchison et de Verneuil, auxquels cette science doit tant, ont bien voulu m'accompagner pour le nord de l'empire. Le comte Kayserling, le professeur Blasius et M. de Zinorieff m'ont aidé pour la détermination géologique du centre et du midi de l'empire.

Entre autres résultats nous avons rapporté la

(1) *Voyez* le Bulletin de la Société géologique de France, t. 9, p. 230.

carte géologique ci-jointe de tous les terrains entre le Dnieper et la Duna, la Dwina septentrionale et le Volga.

Il y avait deux manières de traiter la géologie de la Russie; ou bien en allant de coupe en coupe d'un membre d'un terrain à tel membre du même terrain, enfin du détail à l'ensemble; ou bien en parcourant tout le pays, en fixant par là le cadre des terrains et en y rapportant les observations de détail désormais orientées de cette manière. C'est la seconde de ces méthodes que j'avais adoptée en 1836 avec la sanction de M. de Humboldt.

Pour vous former une image des terrains sédimentaires de la Russie d'Europe qui les embrasse tous sous un même point de vue, représentez-vous tous ces terrains relevés par exemple, par le soulèvement continu et insensible du *cône cristallin* nommé *la Finlande* (1). Les deux terrains les plus anciens, le *terrain silurien* et le *vieux grès rouge*, sont venus se ranger autour de ce cône en demi-cercle depuis le sud de la Suède et de la Norwége, à travers la Russie baltique, jusqu'aux bords de la mer Blanche. La carte donne pour la Russie le détail de ce mouvement.

Nous ne saurions assez apprécier pour ces terrains les travaux antérieurs, principalement par M. Strangways, ceux de M. Pander, si classique pour les couches siluriennes moyennes de Russie, les laborieuses recherches de M. de Helmersen et l'activité scientifique de M. Eichwald.

Ces deux terrains sont séparés du cône cristallin, d'abord par les roches dioritiques des bords du

(1) La coupe le long du 54° degré de longitude, jointe à la carte, donne cette idée d'après la réalité des terrains.

lac d'Onéga qui ont altéré des calcaires siluriens en marbre et les argiles et grès du vieux grès rouge en schistes argileux et en quartzites, le long de l'Onéga, et puis par cette large voie d'eau qui s'élève en demi-cercle de la Baltiquc au golfe Bothnique, aux lacs de Ladoga, d'Onéga, pour se perdre dans la mer Blanche.

La réunion de ces deux terrains se voit dans toute son étendue au bord droit du Wolhoff au sud de Novaia-Ladoga. M. Murchison l'y a observée avec nous. Il faut espérer pour la science qu'il voudra bien publier ses remarques à ce sujet, car personne n'a rendu plus de services que lui à la géologie d'ensemble de la Russie; c'est là qu'il a observé pour la première fois l'inclinaison S.-E. à un angle d'un degré ou plutôt inappréciable; observation qui donne la clef de toute la géologie du centre de la Russie.

Après cette zone rouge qui forme le flanc du versant N.-O. du Walday à la Baltique, ainsi que l'indique la carte, le terrain le plus répandu est le terrain carbonifère : il est développé surtout dans ce qu'on pourrait regarder comme ses deux principaux membres, le calcaire *à spirifer mosquensis* sans houilles et le calcaire *à productus gigas* (calcaire houiller de Russie), assez identiques avec les couches du nord du Yorkshire. Ces deux calcaires forment dans leur réunion d'assemblage comme une nappe sensiblement horizontale depuis Archangel jusqu'au centre de la Russie. C'est la base des terrains de la Russie d'Europe, c'est le ruban calcaire qui enlace l'Oural appuyé sur ses deux flancs est et ouest. Cette nappe de calcaire de montagne affleure tantôt dans sa partie *à spirifer mosquensis*, qui ne contient pas de houille

depuis Archangel jusqu'au Volga; tantôt dans son autre partie auprès du calcaire à houilles de Russie, au Valday, à Smolensk, à Kolouga et à Toula; tantôt enfin dans le calcaire à houille de Russie qui s'étend depuis le nord d'Orel à Riazan en couches horizontales.

Ce même calcaire à houilles affleure, dans son soulèvement, 1° le long de l'Oural dans sa pente N.-O. où la houille est trouvée en quatre endroits différents et où elle se présente en plusieurs filons et couches de la puissance de 5 à 7 pieds; 2° le long du Donetz où elle est soulevée en sens différents par les divers soulèvements du midi, dominés eux-mêmes probablement par le grand soulèvement du Caucase.

Après le grand terrain carbonifère vient dans l'ascendance des terrains vers le sud le nouveau grès rouge. C'est un large bassin déposé dans le carbonifère et dont les limites au sud n'ont pu être déterminées.

Le nouveau grès rouge vu dans son ensemble ne se distingue des autres terrains que par un caractère négatif et une désolante monotonie; point de fossiles, toujours les mêmes apparences de marnes vertes et rouges, quelques bois pétrifiés à la Souchona, affluent de la Dwina septentrionale; cependant, relevé par l'Oural, ce terrain présente des couches analogues à celles du Kupfersandstein (1) à restes organiques, identiques avec ceux de ces terrains, et des recherches ultérieures feront sans doute retrouver (mais seulement le long du flanc N.-O. de l'Oural) toute

(1) M. Wangenheim va publier des détails curieux à ce sujet.

la série des couches entre le keuper ou nouveau grès rouge et les terrains houillers.

Après le nouveau grès rouge et indépendamment de lui il faut suivre le Jura dans sa course capricieuse, il ne se montre que sous la forme d'une couche que nous regardons comme la réunion d'une couche analogue à l'argile de Dives avec une des couches supérieures de l'oolithe (*Oxford clay and Kellouays rock*). Le Jura a son nœud central le long de l'Okka vers le Volga. (*Voyez* la carte). De ce nœud le Jura étend ses bras l'un vers l'Oural au 64e degré de latitude nord à travers Makarieff, la Vitschegda; l'autre le long de tout le Volga jusqu'à Saratoff; d'un troisième côté sous le calcaire crayeux et les marnes crayeuses de Kursk vers le Donetz, d'où il se réunit le long du Don avec le bras du Volga. Enfin le quatrième bras, celui du Volga, suit de l'Okka vers Vilna à travers des localités non observées encore.

Au sud de la Desna et de l'Okka dominent les terrains crayeux surmontés de bassins tertiaires; mais avant d'en donner le caractère, j'attirerai votre attention sur le mouvement et la répartition des blocs erratiques (1).

Le versant sud de la Desna et de l'Okka sont pour le Nord les limites de la distribution des blocs erratiques. Cette même frontière est celle des terrains tertiaires en grands bassins et de tous les terrains crayeux; c'est encore celle des terrains noirs, de cet humus végétal qui s'étend des Carpathes à l'Oural sans dépasser la Desna et l'Okka.

---

(1) La carte ci-jointe représente les terrains débarrassés des matières transportées par les courants diluviens.

Descendus du cône cristallin de la Finlande, les courants de blocs erratiques ont formé comme amas principal la hauteur de partage des versants baltiques et de ceux de la mer Blanche et de la mer Noire depuis l'Onéga à travers le Walday jusqu'à Orscha, de plus ils ont déposé des masses immenses de blocs en nids; près de Vitebsk, au sud de Smolensk près de Jelna, surtout près de la Gizdra (1) (*Voyez* la carte). Au delà de ces points les blocs erratiques ne se rencontrent plus qu'isolés et ils finissent enfin à la limite indiquée sur la carte, qui est la limite des blocs erratiques de Finlande.

Les détails ultérieurs vous seront donnés plus tard, et M. de Bothlingk, qui depuis trois ans a fait de la Finlande et des blocs erratiques une étude spéciale, prépare pour vous une lettre qui résume tous les résultats obtenus par l'observation. J'ajouterai seulement que les blocs erratiques se sont répandus sur tout le nord de la Russie, en partant d'un axe de soulèvement de la Suède, le tout en forme d'éventail depuis la Desna à travers le bassin de l'Okka vers Viatka, où il n'y en a plus, et enfin jusqu'à la Petschora. La question des stries a été éclaircie par M. Bothlingk, mais non dans le sens des théories de M. Agassiz, notre ami commun.

Passons maintenant aux deux derniers terrains qui nous restent à caractériser.

La formation crétacée se montre en couches lithoïdes le long du Volga. On en bâtit des maisons dans le gouvernement de Voronesch, elle

(1) Les blocs erratiques plus au sud sont de provenance ouralienne.

est de la plus grande finesse aux bords du Donetz; vers la Desna et le Dnieper elle devient marneuse. Les limites de ces terrains si bien décrits par M. de Jasikoff, n'ont pu être rigoureusement déterminées. En général dans les vallées dominent les craies, et les terrains tertiaires occupent en bassins plus ou moins étendus, les plateaux.

Ces derniers terrains ont deux types tout à fait différents en Russie.

1° Type des tertiaires qui dominent sans être presque interrompus depuis Kursk vers Charkoff à Kieff et la Desna. Il est analogue aux terrains tertiaires les plus anciens. La superposition a été observée par nous (à Belgorod au nord de Charkoff) sur la craie lithoïde; son caractère distinctif est une identité parfaite, partout où nous l'avons observé; son caractère minéralogique, ce sont des rognons disposés en lits horizontaux de grès quartzeux, opalique, d'une nature toute particulière. Ces grès fournissent les grès meuliers les grès de pavé à grains fins, cristallins, homogènes, d'un gris bleuâtre très-particulier.

2° Type. C'est le type des terrains tertiaires si bien décrits par M. de Verneuil, qui est caractérisé par des coquilles analogues aux coquilles vivantes de la mer Noire et des eaux stagnantes qui l'entourent (*post Pliocène*).

A ce type il faut rapporter l'intéressant bassin tertiaire trouvé par M. Murchison, le comte Kayserling et M. de Verneuil, sur la Dwina septentrionale au sud d'Archangel sur la Vaga.

A côté de ces deux types de tertiaires, se trouve celui à restes de mammifères fossiles, et qui, d'après ce caractère, pourrait former, suivant les idées de M. le comte A. de Keyserling, un étage intermé-

diaire qu'on désignerait, d'après cet habile observateur, par le nom de tertiaire à mammifères.

Outre la carte et la coupe ci-jointes, nous nous proposons de traiter chacun des terrains en particulier et de vous communiquer ces différentes études avec toutes les considérations géologiques, minéralogiques et géognostiques qui s'y rapportent.

Pour finir cette trop longue lettre, permettez-moi de résumer les quatre caractères principaux des terrains sédimentaires en Russie, comparés avec leurs analogues dans le reste de l'Europe. Ces terrains ont été étudiés par nous sur une étendue de mille lieues.

1° L'*étendue de ces terrains*; ainsi le terrain carbonifère occupe pour un seul de ces membres 450 lieues depuis au delà d'Archangel jusqu'à l'Okka

2° L'horizontalité des couches sur cette immense étendue, l'inclinaison S.-E. n'étant pas appréciable pour aucune des couches par degrés.

3° L'identité complète de chaque couche ; ainsi le calcaire de l'Okka est identique avec celui des environs d'Archangel sous le double rapport zoologique et minéralogique.

4° La non-altération des parties constituantes des couches ; ainsi on fabrique de la craie du calcaire de montagne près du lac Onéga : les grès sont à l'état de sable et les schistes argileux à l'état d'argile. Ce n'est que vers les soulèvements du Caucase et de l'Oural que les altérations commencent.

Ces caractères donnent à la géognosie de Russie un caractère tout particulier : ce sera un horizon futur pour les observations ultérieures en géologie, un point de zéro en fait d'altération, si j'ose dire

ainsi, un point auquel on pourrait venir rapporter les degrés du plus ou moins d'altération, d'inclinaison et de changement des autres terrains du même âge géologique.

Outre l'intérêt scientifique qui peut se rattacher à cet ordre de choses observées, il donne encore à l'activité nationale chez nous une base immobile de répartition des richesses minérales et un cadre où viendront se déposer toutes les observations ultérieures.

N. B. L'administration des mines de Russie va faire paraître une carte sur les bases indiquées dans cette esquisse.

Appendice. De la Russie d'Europe d'après sa configuration extérieure, par M. le baron DE MEYENDORFF.

Outre la distribution en grand des terrains géologiques de la Russie, la répartition du sol d'après l'élévation relative de ses diverses parties y mérite une attention particulière.

Au premier abord, la Russie d'Europe paraît aux voyageurs une plaine parfaitement horizontale, et cependant elle est sillonnée par plusieurs groupes de collines très-caractéristiques; elle est partagée, sous le rapport de la configuration extérieure, en un plateau central dont Moscou occupe à peu près le milieu, et en trois versants, dont l'un vers la Baltique, l'autre vers la mer Blanche et le troisième à deux étages bien distincts, vers la mer Noire et la mer Caspienne.

1° Les hauteurs du Walday, dont la plus élevée a 1085 pieds de France, s'abaissent vers Smo-

lensk, où elles n'ont plus que 770 pieds (1) à Kisselevo (au nord de Smolensk). Ce point est le plus élevé de la région de partage entre le versant de la Baltique et celui du Dnieper. Vers le N.-E. les hauteurs de Walday se prolongent jusqu'au delà du lac Onéga. Dans ces environs, au sud de Vitegra, elles ne présentent plus qu'une élévation de 580 à 600 pieds au-dessus de la Baltique. Ces hauteurs limitent ainsi vers le sud-est le versant de la Baltique habité par 9 millions d'habitants et caractérisé, quant aux produits et aux industries, par l'exploitation des bois, la culture du lin, par l'exploitation de beaucoup de carrières de roches cristallines et autres, enfin par des industries maritimes. Pétersbourg est le foyer de ce versant, qui contient presque exclusivement les terrains cristallins, siluriens, et ceux du vieux grès rouge du N.-O. de la Russie.

2° De cette première chaîne de collines, dites du Walday, se détache au sud du lac Onéga, un plateau élevé qui va, se prolongeant vers le sud de Wologda, se rattacher à la chaîne de l'Oural, vers le 62° degré de latitude nord. Cette crête (de 20 à 40 verstes de large) de collines atteint, à 22 verstes sud de la ville de Wologda à Grèsovitz, 733 pieds de hauteur. Cette élévation forme la région de partage entre la Dwina septentrionale et ses affluents, et les affluents du Volga. Elle couronne

(1) Ces mesures ont été déterminées barométriquement par mon ami et compagnon de voyage M. le comte de Kayserling : l'observatoire de Pétersbourg compté à 30 pieds de Paris au-dessus de la Baltique; et l'université de la ville de Moscou à 300 pieds au-dessus de la même mer.

le versant de la mer Blanche; elle limite à peu près au sud, la plus grande partie de la région boisée de l'empire, qui s'étend depuis les hauteurs de Walday, en s'élargissant vers la mer Blanche, jusqu'à l'Oural septentrional. Cette région contient encore au delà de 40 millions d'hectares de bois continus, et qui sont presque exclusivement une propriété des domaines de l'État. Ce versant de la mer Blanche, dont Archangel et Oust-Jouk sont les foyers d'animation, est le véritable bois de l'empire. Il n'est habité que par 1,000,000 habitants.

3° Une troisième région de collines caractéristiques se détache également du prolongement des hauteurs du Walday jusqu'au sud de Smolensk. Là, près de Jelna, se trouve un nœud principal de ces hauteurs; elles y ont été mesurées à 707 pieds de hauteur; elles s'étendent de là le long de la Desna, vont vers le sud de la ville de Kursk, où elles atteignent une hauteur constatée à Schélékowa de 826 pieds. Elles remontent après par Tino vers Penza, d'où déviant en demi-cercle vers le sud de Tamboff, elles vont rejoindre vers Samara le coude si remarquable du Volga. Elles vont s'y confondre aux collines qui forment le bord élevé du Volga, et auxquelles on peut assigner une hauteur moyenne de 400 pieds au-dessus de la mer Caspienne.

L'ensemble de ces *collines centrales* de la Russie forme la région de partage entre l'Oka et ses affluents et entre les principaux affluents du Dnieper, du Don et du Volga inférieur.

Moscou se trouve presque au milieu du plateau central, limité au nord par les hauteurs de partage des eaux de la mer Blanche, et au sud par

les hauteurs de partage qui séparent ce plateau central du versant méridional de l'empire.

Moscou est le centre d'une région industrielle qui se trouve presque exactement limitée entre ces rebords de collines au centre et au nord, et entre l'Oural à l'est et les hauteurs du Walday à l'ouest. Ce plateau, qui contient seize millions d'habitants, renferme cinq mille des sept mille fabriques de l'empire. Toute l'industrie des tissus et celle des métaux y est concentrée. Moscou est le grand foyer de cette production, dont Nischnei-Nowogorod est la foire. La coïncidence des limites de l'animation industrielle et des lignes saillantes qui terminent ce plateau, doit être signalée; elle est riche en conséquences. Arrivé aux rebords du plateau, on ne trouve plus au nord que des bois et au sud que des champs et de l'agriculture sans mélange d'industrie.

Le rebord sud ou cette chaîne centrale de collines qui unit celles du Volga à celles près de Smolensk, est en même temps la limite des terrains tertiaires continus (1) et des terrains crétacés. Elle forme également à peu près la limite de ce terrain d'humus végétal décomposé, appelé Tschernoyzem dans le pays, terrain noir qui occupe depuis ces collines au nord jusqu'auprès des contrées du Don au sud, et depuis le pied des Carpathes à Kamenitz-Podolsk jusqu'aux pieds de l'Oural, une région de plus de 80 millions d'hectares du terrain le plus fertile. C'est le champ et le potager de la Russie, région agricole qui nourrit au delà de 20 millions d'habitants, et qui dé-

(1) Il y a des lambeaux tertiaires isolés dans le gouvernement de Moscou et au nord de la Dwina.

verse annuellement sur l'étranger et sur les autres parties de l'empire, au delà de 20 millions d'hectolitres de céréales. Cette région ou ce versant méridional est terminé par un étage ou un échelon de collines qui s'étend depuis le Dnieper à Ekaterinoslaw, à travers le Donetz pour aller rejoindre au nord du Don les collines qui longent le Volga.

4° Cette dernière rangée de collines limite en grande partie au nord la région pastorale de la Russie d'Europe. Cette région, qui va de la Bessarabie à l'Oural, compte environ trois millions d'habitants. Elle comprend les steppes sous toutes les dénominations : steppes non cultivées à pâturages; steppes salées (à lacs salants); steppes sablonneuses. Cette région est caractérisée par une absence totale de bois et par une richesse de productions de matières animales sans exemple dans cette étendue ; c'est elle qui fournit 53 millions de puds de suif à l'exportation. Cette plaine, dont les mers Noire et Caspienne occupent les bas-fonds, va mourir aux pieds des monts Caucasiens.

Nous voyons ainsi la Russie d'Europe séparée en cinq parties : partages naturels et très-caractéristiques pour la répartition en grand de la production et des ressources de ce pays.

1° Versant baltique. Bois, lin, activité maritime, animation des côtes ; limité par les hauteurs du Walday entre Smolensk et l'Onéga ; Pétersbourg comme centre.

2° Versant de la mer Blanche. Un bois continu, chasse, pêche. Archangel et Oust-Jouk comme centres d'attraction ; limité par une ligne de collines qui réunit les hauteurs du Walday aux monts Oural, de 700 à 800 pieds de haut.

3° Un plateau central limité par cette même

ligne de collines au nord, et au sud par la rangée de collines centrales qui unit les hauts bords du Volga aux hauteurs de Smolensk; collines continues, qui forment la limite de beaucoup d'ordres de choses différents. Sur ce plateau se concentre, principalement par l'effet de la nature centrée des communications par eau qui toutes viennent s'y réunir, l'animation la plus grande du pays. Moscou et Nischnei-Novogorod, sont les expressions de cette animation centrale.

4° Du rebord sud du plateau commence le versant méridional, le champ de la Russie, la région agricole qui nourrit en partie les régions baltiques, la région boisée et la région industrielle du pays.

5° Une dernière rangée de collines de 180 à 200 pieds d'élévation marque le second étage du versant méridional. A partir des collines commencent les steppes depuis la Bessarabie jusqu'aux pieds de l'Oural, steppes qui ne se terminent en Europe que par les monts Caucasiens et les mers Noire et Caspienne.

Ce partage d'après la manière dont le sol est modelé extérieurement et que, d'après l'expression du célèbre géographe Ritter, nous pourrions appeler plastique, a été fait sur les lieux, et sa coïncidence avec le partage naturel et la répartition des produits du sol et des occupations du peuple, est un exemple de plus de la haute importance que présentent la constitution géologique et les formes extérieures du sol d'un pays relativement au développement de ses richesses et de ses ressources de toute espèce.

NOTICE

Sur la roméine, nouvelle espèce minérale, de Saint-Marcel en Piémont;

Par M. A. DAMOUR.

Ce minéral, qui m'a paru formé essentiellement d'un des oxydes de l'antimoine uni à la chaux, a été apporté de la mine de Saint-Marcel en Piémont.

M. Bertrand-de-Lom, qui, le premier, l'a trouvé sur place, ayant présumé, d'après ses caractères extérieurs, qu'il devait constituer une espèce nouvelle, m'a prié d'en faire une analyse, dont je donnerai plus loin les résultats.

Les échantillons que j'ai pu examiner nous montrent cette substance en petits nids ou en veines, au milieu des gangues qui accompagnent les minerais de manganèse de Saint-Marcel; on la voit tantôt engagée dans un feldspath, tantôt enveloppée d'oxyde de manganèse, d'épidote violette, de quartz, etc. Elle est aussi associée à la greenowite, nouvelle espèce minérale récemment décrite par M. Dufrénoy.

Elle est assez dure pour rayer le verre; sa couleur est le jaune hyacinthe ou le jaune de miel. Ses cristaux sont d'une petitesse extrême et confusément groupés. En les examinant à l'aide d'une forte loupe, j'ai reconnu quelques facettes triangulaires qui conduisent à un octaèdre. M. Dufrénoy, qui, sur ma demande, a mesuré plusieurs de ces cristaux au moyen de la réflexion du soleil,

regarde que la roméine a pour forme primitive un octaèdre à base carrée très-rapproché de l'octaèdre régulier (1).

Chauffé sur le fil de platine, ce minéral fond en une scorie noirâtre.

Il se dissout avec une grande lenteur dans le verre de borax et dans le sel de phosphore; au feu de réduction, le verre reste incolore; au feu d'oxydation, il prend une teinte violette.

Fondu sur le charbon avec du carbonate de soude, il donne des globules d'antimoine qui produisent une fumée blanche et qui pénètrent en partie dans l'intérieur du charbon.

Fondu sur la feuille de platine, avec du carbonate de potasse mêlé de nitre, il donne la réaction du manganèse.

Les acides nitrique, sulfurique et hydrochlorique ne l'attaquent pas.

Comme ce minéral est disséminé en petites

---

(1) *Note de M. Dufrénoy*. Les cristaux de roméine affectent tous la forme d'un octaèdre: leurs faces, quoique éclatantes, se prêtent difficilement à la mesure, parce que, outre leur extrême petitesse, elles sont légèrement ondulées.

Les angles que j'ai obtenus sont compris, pour les faces opposées au sommet, entre 68° 10′ et 69°, et pour celles qui se coupent sur la base entre 110° 50′ et 111° 20′.

Ces angles sont très-rapprochés de ceux de l'octaèdre régulier qui ont pour valeurs 70° 32′ et 109° 28′; toutefois, comme ces différences marchent dans le même sens, et qu'elles sont pour chaque angle de plus de 1°, je crois qu'on doit regarder la forme primitive de la roméine comme étant un octaèdre à base carrée. Le retour fréquent dans mes mesures de l'angle de 110° 50′ me conduit à admettre que les angles de cet octaèdre sont de 69° 10′ et 110° 50′.

parcelles dans sa gangue, j'ai pris beaucoup de précautions pour l'en isoler et pour l'avoir, autant que possible, à l'état de pureté. Les fragments que j'ai détachés pour l'analyse formaient de petits amas au milieu d'un feldspath blanc et contenaient des parcelles d'oxyde de manganèse.

En les jetant dans l'acide hydrochlorique étendu d'eau, il se produisit une effervescence très-vive qui ne dura qu'un instant. Cet effet était dû à la présence d'une certaine quantité de carbonate de chaux, mécaniquement mêlé.

En laissant digérer ces fragments dans l'acide, je parvins à dissoudre les oxydes de manganèse en mélange, et il ne resta au fond du vase qu'une poudre d'un jaune de miel et d'un aspect vitreux et cristallin.

J'ai soumis cette poudre à la lévigation pour l'avoir à un état de grande ténuité, et, après l'avoir séchée, j'en ai mêlé dans un creuset de porcelaine 0gr.500 avec 1 gramme de soufre et 2 grammes de carbonate de potasse; puis, le creuset étant recouvert, j'ai exposé le tout pendant une heure à une température voisine du rouge naissant, et suffisante pour maintenir la masse en fusion.

Après le refroidissement, j'ai versé sur la matière fondue de l'eau contenant quelques gouttes d'hydrosulfate de potasse, et j'ai maintenu le tout en digestion pendant vingt-quatre heures dans un vase fermé. J'ai décanté la liqueur claire, et j'ai versé sur la partie insoluble de nouvelles quantités d'eau et d'hydrosulfate de potasse.

Enfin, le dépôt insoluble a été recueilli sur un filtre et lavé avec de l'eau contenant de l'hydrosulfate de potasse. Ce dépôt, traité par l'acide hydrochlorique, s'est dissous avec effervescence;

il est resté seulement une petite quantité de matière non décomposée, s'élevant à 0gr.,032; son poids a été retranché du poids primitif de 0gr.,500; je n'avais donc opéré réellement que sur 0gr.,468.

La liqueur hydrochlorique tenait en dissolution de la chaux, des oxydes de fer et de manganèse et un peu de silice.

Elle a été chauffée avec quelques gouttes d'acide nitrique pour peroxyder le fer, puis saturée par l'ammoniaque. L'oxyde ferrique s'est ainsi précipité, entraînant des flocons de silice. Ces deux substances ont été recueillies et séparées l'une de l'autre par les procédés ordinaires.

On a versé de l'acide oxalique dans la liqueur ammoniacale, et l'oxalate calcique qui s'est formé a été recueilli, calciné avec précaution, et la chaux dosée à l'état de carbonate calcique.

Ce dernier sel renfermait une faible quantité de carbonate manganeux. Pour l'en séparer, on l'a dissous dans l'acide nitrique.

La dissolution évaporée à siccité, et reprise par l'acide nitrique très-faible, a laissé des flocons d'oxyde de manganèse dont le poids a été déduit du poids de la chaux.

La liqueur séparée de l'oxalate calcique renfermait de l'oxyde de manganèse. Elle a été chauffée avec du carbonate de potasse en excès, évaporée à siccité et reprise par l'eau. Le carbonate manganeux a été recueilli, réuni à l'oxyde de manganèse séparé de la chaux, puis chauffé fortement et dosé à l'état d'oxyde manganéso-manganique.

La liqueur hépatique séparée des sulfures de fer et de manganèse tenait en dissolution tout l'antimoine à l'état de sulfure, avec une certaine quantité de chaux. On l'a rendue légèrement

acide, à l'aide de l'acide hydrochlorique. Il s'est alors formé un abondant précipité de sulfure d'antimoine jaune orangé : ce sulfure a été lavé sur un filtre et séché avec soin.

La liqueur acide séparée du sulfure d'antimoine, a été chauffée et saturée d'ammoniaque. Quelques gouttes d'acide oxalique ont fait naître un précipité d'oxalate calcique. La chaux a été dosée à l'état de carbonate calcique dont on a réuni le poids à celui qu'on avait précédemment obtenu.

Le poids du sulfure d'antimoine s'élevait à 1gr.,6700. Pour déterminer la proportion d'antimoine, on a dissous ce sulfure dans l'eau régale. Il est resté des globules de soufre pur qu'on a recueillis et séchés avec précaution. On a versé du chlorure barytique dans la dissolution acide, et d'après le poids de sulfate barytique qui s'est déposé, on a calculé la proportion de soufre qui, réunie au soufre pur recueilli précédemment, s'élevait à 1gr.,3731. En déduisant ce nombre du poids de sulfure d'antimoine, on a pour différence 0gr.,2969 d'antimoine, équivalant à 0gr.,5705 d'acide antimonieux.

Résultat des deux analyses.

1er sur 0gr.,4680.

		En 10 000 gr.	Oxygène.		Rapport.
Acide antimonieux.	0,3705	= 0,7931.	0,1576.		3
Ox. ferreux.	0,0056	= 0,0120.	0,0027	0,0543.	1
Ox. manganeux.	0,0101	= 0,0216.	0,0048		
Chaux.	0,0779	= 0,1667.	0,0468		
Silice.	0,0030	= 0.0064			
	0.4671	0,9998			

2e sur 0,4750.

		En 10 000 gr.	Oxygène.		Rapport.
Acide antimonieux.	0,3695	= 0,7860.	0,1562.		3
Ox. ferreux.	0,0067	= 0,0142.	0,0032	0.0549.	1
Ox. manganeux.	0,0124	= 0,0263.	0,0058		
Chaux.	0,0769	= 0,1635.	0,0459		
Silice.	0,0046	= 0,0097			
	0,4701	0,9997			

L'acide contiendrait donc près de trois fois autant d'oxygène que les bases réunies, ce qui conduit à adopter la formule :



Dans une analyse qualitative faite précédemment sur ce minéral, j'avais cherché à le décomposer par le carbonate de potasse mêlé de potasse caustique. En reprenant la masse par l'eau, j'avais obtenu ainsi une liqueur alcaline, colorée en vert par les acides du manganèse et contenant une notable proportion d'acide antimonique qui se précipitait, en partie, par l'addition d'un acide. Mais il restait alors un mélange avec les carbonates de chaux et de fer insolubles, une quantité très-notable de sur-antimoniate de potasse qui résistait à l'action des acides et qui pouvait renfermer une portion de matière non décomposée. Cette circonstance m'a déterminé à chercher un autre moyen de décomposition ; je désire que la méthode indiquée plus haut obtienne l'approbation des chimistes.

L'effervescence qui s'est produite lorsque j'ai placé des fragments du minéral dans une capsule contenant de l'acide hydrochlorique, était due à la présence d'une petite quantité de carbonate de chaux qui accompagne et enveloppe souvent les cristaux de cette substance nouvelle. Les gangues qui la contiennent sont, ainsi que je l'ai dit plus haut, composées d'épidote violette, de quartz, de feldspath et de marceline; mais ces gangues sont en outre pénétrées de tous côtés par du carbonate de chaux, peu apparent, et disposé de telle sorte qu'on peut croire qu'il aura rempli les fissures et les petites cavités existant primitivement dans la roche. J'ai vérifié ce fait en laissant digérer pen-

dant quelque temps dans l'acide hydrochlorique faible des échantillons de ces gangues qui contenaient la substance nouvelle. J'ai réussi par ce moyen à mettre à jour de nombreuses parties cristallines inattaquables par l'acide et jusque-là restées inaperçues. Comme j'avais pris la précaution de laisser longtemps en contact avec l'acide hydrochlorique concentré la poudre qui m'a servi pour l'analyse, j'espère être ainsi parvenu à écarter tout mélange étranger.

Je n'ai, du reste, aucune donnée positive pour affirmer que l'antimoine, qui joue un rôle d'élément électro-négatif dans le minéral, s'y trouve réellement à l'état d'*acide antimonieux* plutôt qu'à l'état d'*oxyde* ou d'*acide antimonique*. Je me borne à faire remarquer que l'insolubilité de la *roméine* dans les acides ne permet guère de croire qu'elle renferme de l'oxyde antimonique. J'ajouterai que la proportion d'antimoine fournie par l'analyse équivaut à une quantité d'acide antimonieux suffisante pour compléter les résultats obtenus. Il n'en serait pas de même en supposant la présence de l'acide antimonique, qui donnerait un excédant de poids. Enfin, ce rapport simple que j'ai trouvé dans deux analyses différentes entre les bases et l'acide, semble justifier encore mes présomptions. N'ayant eu à ma disposition que de faibles quantités de roméine, je n'ai pu multiplier assez mes essais pour donner des notions plus exactes sur ses caractères physiques et chimiques. Il me suffira d'avoir appelé l'attention des minéralogistes sur une substance qui doit occuper une place remarquable dans la nomenclature des espèces minérales.

Le nom de Romé de l'Isle, dont les travaux

cristallographiques ont ouvert la voie aux découvertes immortelles de M. Haüy, n'étant pas encore rappelé dans la classification des minéraux, j'ai pensé être l'interprète des minéralogistes en lui dédiant cette nouvelle substance.

MÉMOIRE

Sur les mines d'amalgame natif d'argent d'Arqueros, au Chili. —Description d'une nouvelle espèce minéralogique, et du traitement par la méthode américaine.

Par M. Ignace DOMEYKO.

Les mines d'Arqueros se trouvent situées dans la province de Coquimbo, à 13 lieues au N.-E. du chef-lieu de la province, et à peu près à 11 lieues de la côte. Elles ont été découvertes en 1825 par un muletier nommé Cuello, qui, allant chercher du bois dans les montagnes, trouva par hasard des blocs roulés d'argent natif au fond d'un ravin. A la première nouvelle de cette découverte, des mineurs en foule se sont portés à l'endroit indiqué et ramassèrent pour plus de 10.000 piastres de pierres roulées qui se trouvaient à la surface. Bientôt on trouva le filon d'où provenaient les pierres, et quelque temps après on a découvert un second et un troisième filons situés à une demi-lieue du premier. Depuis lors les mines d'Arqueros ne cessaient de produire annuellement plus de 30.000 marcs d'argent, jusqu'à 1835 et 1836 où la production de ces mines commença à faiblir. On les croyait même déjà épuisées, lorsque de nouvelles veines de minerai récemment découvertes attirèrent l'attention des mineurs et firent redoubler les travaux. On évalue à plus de quatre millions de

piastres (20.000.000 fr.) ce que les mines d'Arqueros ont produit depuis leur découverte.

Je partagerai ce mémoire en trois parties : la première comprendra la géologie de l'endroit; la seconde, l'analyse et la description minéralogique du minerai; la troisième, le traitement métallurgique.

I.

SITUATION GÉOLOGIQUE. — DISPOSITION ET ÉTENDUE DES FILONS.

Ligne géologique des principales mines d'argent natif et chloruré : ligne du contact de deux terrains.

Les filons d'argent d'Arqueros se trouvent sur une ligne géologique extrêmement importante, qui suit la direction de la chaîne des Andes du Chili et court à la distance de 10 à 12 lieues de la côte. Elle marque le contact des masses porphyriques et dioritiques qui constituent la basse région littorale du Chili avec un terrain stratifié, secondaire, dont l'époque correspond probablement aux terrains crétacés ou jurassiques de l'Europe, et qui se montre ordinairement vers la mi-côte des Cordillières, plonge d'abord à l'est, et puis se redresse contre les masses centrales du système. Cette ligne se trouve interrompue et dérangée par des chaînons porphyriques qui courent pour la plupart du S.-E. au N.-O., et marquent un autre système de dislocation subordonné à celui de la chaîne principale.

Ce que je viens de dire doit se rapporter principalement au pays situé entre la vallée de Coquimbo et celle de Copiapo, pays que j'ai parcouru l'été dernier, et qui a plus de 100 lieues de longueur du sud au nord. C'est aussi le pays qui comprend toutes les mines d'argent et la majeure partie des mines de cuivre du Chili.

Ainsi, on n'a qu'à tracer une ligne à peu près parallèle à la chaîne des Andes, à la distance de 10 à 12 lieues de la côte, et on aura sur cette ligne, en partant de la vallée de Coquimbo et allant au nord, d'abord les mines d'argent d'Arqueros; puis les mines d'argent de Tunas, de Agua Amarga et de Cariso (du département du Haut-Huasco); et encore plus au nord les mines Chañarcillo de Ladrillos et beaucoup d'autres du département de Copiapo. Toutes ces mines produisent principalement de l'argent métallique et de l'argent chloruré.

Mines situées à l'ouest de la ligne précédente.

Tout ce que cette ligne laisse à l'ouest du côté de la mer se trouve occupé par des masses non stratifiées, auxquelles on doit rapporter les mines de cuivre les plus nombreuses et les plus importantes du Chili, savoir : mines de cuivre du Carrisal, de San Juan, du Morado, de San Antonio, de la Higuera, de Brillador (ou Villador), etc.; et encore plus au sud, Tambillos, El Buitre, Panucillo, Tamaya, etc. Les masses ont, en général, pour élément l'albite et l'amphibole, et comme elles touchent aux granites et siénites de la côte, on y trouve, surtout en voisinage du contact de ces roches, de nombreux filons aurifères associés aux filons de quartz et de fer.

Mines situées à l'est de la ligne précédente.

Si maintenant on passe de l'autre côté de la *ligne du contact*, pour s'élever dans la haute région des Cordillières, on voit des escarpements de terrains stratifiés recouverts par des assises porphyroïdes, et on arrive à l'étage où se montrent les filons de galène et cuivre gris, des sulfures et arséniures multiples argentifères. C'est dans cette région que se trouvent les mines de galène et cuivre gris de Los Porotos, de Mache-

tillo, de Cerro Blanco, et beaucoup d'autres dans les départements du Haut-Huasco et de Copiapo. On n'y trouve presque pas d'argent métallique ni d'argent chloruré.

Enfin, en s'approchant des masses granitoïdes de la partie centrale du système, on retrouve les filons d'or en voisinage des roches granitiques, quartzifères et micacées, de même qu'on en trouve près du contact des granites et siénites de la côte.

Ainsi, pour se former une idée générale de la disposition des filons et des principales roches de cette partie du système des Cordillières, on n'a qu'à les représenter dans l'ordre où elles se succèdent, à partir de l'Océan et en s'élevant dans la haute région des montagnes ; savoir :

Roches.	*Mines.*
Granites et siénites de la côte. . .	L'or.
En voisinage du contact de ces roches avec celles qui suivent. .	Filons aurifères.
Masses amphiboliques (porphyres verts, p. amphiboliques, diorites, eurites, etc.).	Mines de cuivre.
Ligne du contact de ces roches avec le terrain stratifié calcaire.	Mine d'argent métallique et chloruré.
Système de roches stratifiées passant aux masses porphyroïdes, qui tantôt les recouvrent, tantôt ne font que les couper et accidenter. — Brèches et conglomérats. — Porphyres quartzifères.	Cuivres gris, galènes, sulfures et arséniures multiples.
Roches granitoïdes.	Filons aurifères.
Terrain volcanique. — Dépôts de soufre, etc.	

Après avoir indiqué la position qu'occupent dans ce système de roches et de filons les mines

d'Arqueros, passons à la description de ces dernières.

En partant de la baie de Coquimbo pour aller à Arqueros, on laisse le granite et la siénite au bord de l'Océan, et on traverse les porphyres amphiboliques et les diorites, dans lesquels on voit les mines de cuivre de Villador, les filons d'or de Santa Gracia, et plusieurs veines d'or et de cuivre de peu d'importance. Ce n'est qu'à une lieue d'Arqueros qu'on aperçoit les couches du terrain stratifié, fortement redressées et contournées, à l'endroit même où se trouvent les mines d'argent métallique et d'argent chloruré de Rodaito et de Romero.

Mines de Romero et de Rodaito près du contact du terrain stratifié.

Les couches qui composent ici le système de stratification sont des bancs de conglomérats, tufs et brèches porphyriques, alternant avec des strates minces, compactes, schistoides, et quelques assises calcaires. Une de ces dernières, entièrement composée de coquillages (1), se trouve au milieu des mines, entre Rodaito et Arqueros, sur le chemin qui conduit aux mines d'Arqueros.

Roche principale d'Arqueros qui encaisse les filons, et sur laquelle repose le terrain stratifié.

Or, ce système de roches stratifiées de Romero et Rodaito repose sur des masses feldspathiques, dépourvues d'amphibole, qui forment le plateau le plus élevé de la montagne d'Arqueros. Arrivé au sommet de cette montagne (2), et jetant un

---

(1) Ces coquillages sont des bivalves très-allongées dont il m'a été impossible de déterminer l'espèce On y trouve aussi de petites gryphées que j'ai rencontrées dans les mines d'argent de Agua Amarga, au Huasco.

Échantillon envoyé n° 22.

(2) D'après les observations que M. Gay a bien voulu me communiquer, la partie la plus haute d'Arqueros se trouve à 1.465^{m},62 au-dessus du niveau de l'Océan, et la mine la Descubridora à 1.357.

coup d'œil sur le pays environnant, on voit les escarpements de terrain stratifié du côté de l'ouest, du sud-ouest, du sud et du sud-est; et, comme ces escarpements indiquent les bords de terrains soulevés, on dirait que la masse feldspathique qui les a percés, et qui cache dans son sein la grande richesse des mines d'Arqueros, forme ici le centre d'un soulèvement local.

Cette masse change d'aspect à mesure qu'on avance du S.-O. au N.-E. D'abord c'est une pâte verte contenant des cristaux feldspathiques blancs et rougeâtres, lamellaires; ou bien des parties compactes, amorphes, de même nature que les cristaux. Souvent la pâte devient rougeâtre, ou d'un gris bleuâtre, sans que les cristaux changent de couleur. Il arrive que les cristaux disparaissent et la roche devient bréchiforme, composée de parties rougeâtres et bleuâtres. Enfin le corps principal de la montagne, celui qui contient les mines les plus riches d'Arqueros, n'est qu'une roche euritique, compacte, grise, verdâtre ou rougeâtre, dans laquelle on ne voit pas de traces de cristaux.

En général, toutes ces variétés de roches, soit euritiques compactes, soit porphyriques ou bréchiformes, font plus ou moins effervescence avec les acides, et sont imprégnées de carbonate de chaux manganésifère. Un morceau retiré de la roche encaissante de la mine la plus riche d'Arqueros, *mina de las Mercedes*, a donné près de 20 p. o/o de carbonates de chaux, de fer et de manganèse.

Minéraux contenus dans cette roche.

On ne trouve qu'un petit nombre d'espèces minérales dans cette masse feldspathique que je viens de décrire. On y remarque surtout l'absence de quartz et de mica qui accompagnent les filons

aurifères et l'absence d'amphibole qui est l'espèce la plus répandue dans le système des Andes, et qui accompagne ordinairement les mines de cuivre. Le minerai le plus abondant, celui qui constitue la gangue des minerais et forme une infinité de veines, filons et noyaux dans toute l'étendue de la montagne, c'est le sulfate de baryte, auquel on voit associés la chaux spathique et le carbonate de baryte. C'est aussi la substance qui sert d'indice aux mineurs pour la recherche du minerai. Elle est presque toujours cristalline, lamellaire, mais jamais cristallisée ni transparente. On rencontre des filons de 1 à 2 mètres de largeur remplis de ce minéral presque pur et ne contenant pas de traces d'argent. Lorsqu'il en contient il devient souvent compacte et mélangé de parties ferrifères, calcaires et très-souvent cobaltifères roses et noirâtres, terreuses (1).

Deux filons principaux qui constituent les mines d'Arqueros.

Le principal corps de la montagne, qui comprend les mines d'Arqueros et qui forme, comme je viens de dire, la partie dominante du terrain, a à peu près une lieue d'étendue du N. au S. et presque autant de l'est à l'ouest. Au milieu de grand nombre de veines et filons barytifères stériles qui traversent cette montagne, on a découvert deux grands filons très-riches en argent. Ces deux filons, comme la plupart des autres qui sont stériles, courent du S.-E. au N.-O. (3 h.). Ils affleurent sur une étendue de plus d'une demi-lieue et se trouvent à une demi-lieue l'un de l'autre. Ils descendent presque verticalement avec un léger plongement au S.-O. Leur allure est assez régulière; mais ils varient dans

(1) Le plus souvent ces filons barytiques adhèrent à la roche sans laisser de détaches ou lisières argileuses.

leur largeur, qui rarement dépasse 2 à 3 pieds; et souvent ils se ramifient en veines qui vont et reviennent sans s'éloigner trop du filon.

1er filon, nommé Gorrida de Descubridora.

Le plus riche des deux est connu sous le nom de *la Corrida de la Descubridora*; il coupe la montagne et aboutit aux deux ravins où se trouvaient les pierres roulées d'argent. Dans sa longueur, il se divise en trois *mines* ou propriétés, situées à la suite l'une de l'autre. A l'extrémité sud-ouest se trouve *la Descubridora*, celle qui fut découverte avant les autres. A l'autre extrémité on a la mine *de Aristia*, et la partie intermédiaire occupe *la mine de las Mercedes*.

Mina de las Mercedes.

Les masses les plus considérables d'argent ont été trouvées dans la mine de las Mercedes, à l'endroit où elle touche à celle de Aristia. On voit dans cette mine le filon principal qui court du N.-O. au S.-E. se réunir à un autre dont la direction est à peu près de l'est à l'ouest. A l'endroit où ils se rapprochent on voit grand nombre de veines intermédiaires qui les réunissent; et comme le filon secondaire (E.-O.), avant qu'on reconnût son importance, ressemblait plutôt à une veine qu'à un filon, on le nomma *veine du soleil* (guia del sol) pour le distinguer d'une autre veine qui, étant située plus au sud, prit le nom de *veine de l'ombre* (guia del sombrio). La majeure partie de la richesse de cette mine provient de ces deux veines secondaires, et le filon principal n'a produit que bien peu de minerai. Aussi les mineurs n'attribuent la richesse qu'à la réunion de la *guia del sol* avec le filon et envisagent les veines comme une ramification locale provenant de cette union. Les deux filons et les veines qui en dépendent sont contemporaines et

ne diffèrent nullement quant aux substances minérales qui les composent. On les voit coupés par un croiseur dont la roche ressemble beaucoup à la roche encaissante, mais qui est d'un grain plus homogène et plus compacte que celle-ci. Ce croiseur (crucero bayo) est tout à fait stérile ; il coupe les veines et les filons sans les déranger de leur direction. A peine quelques traces d'argent ont été trouvées aux affleurements de cette mine. La vraie richesse n'a commencé qu'environ à 23 varres (1) au-dessous de la surface ; elle continuait jusqu'à plus de 60 varres de profondeur, puis commença à diminuer et disparut à 80 varres au-dessous de la surface. Depuis ce point on est encore descendu à plus de 30 varres sans trouver de traces de minerai. Quant à l'étendue de la partie productive de la mine dans la longueur du filon, elle ne dépasse pas 40 à 50 varres à partir de la limite occidentale de la mine, où se trouve un puits d'épuisement fait en 1833 pour sortir l'eau qui avait inondé les travaux inférieurs pendant la saison des pluies. Des galeries d'aérage et de recherche, qui ont été ouvertes dans le filon principal, vers la partie haute de la montagne, n'ont découvert aucune trace de minerai. On avait même considéré la mine comme entièrement épuisée, lorsque dernièrement, en suivant *la veine du soleil*, on rencontra à plus de 80 varres de l'endroit où commençait l'ancienne richesse, du minerai très-riche, qui dans moins de deux semaines donna plus de 80,000 piastres de bénéfice. Cette découverte est d'autant plus importante, qu'à une centaine de varres de là et dans le

(1) Une varre égale $0^m,83$.

même filon on voit une mine nommée *minas de Gallegos* qui produit actuellement du très-riche minerai en quantité plus que suffisante pour couvrir les frais d'exploitation.

La méthode d'exploitation, généralement adoptée au Chili, consiste à suivre la veine métallifère dans tous ses détours, caprices et irrégularités. Comme en outre tout le transport se fait à dos d'homme, les mêmes galeries d'exploitation servent de voies de transport. Il en résulte une quantité de galeries inclinées irrégulières, contournées, quand même le filon paraît droit et régulier. Ce n'est que lorsque le minerai disparaît ou devient rare, qu'on s'avise de reconnaître le filon par des galeries horizontales (frontones) ou par des galeries fortement inclinées (chiflones).

Passons maintenant aux deux autres mines situées dans le même filon de la Descubridora.

Mine de Aristia. A partir du puits vertical d'épuisement de la mine de las Mercedes et en allant au nord-ouest la montagne descend rapidement, laissant à découvert l'affleurement du filon principal. On aurait même pu faire ici une galerie d'écoulement si la même propriété continuait de ce côté-ci. Mais à quelques pas du puits commence la mine appartenant à d'autres maîtres et qui se nomme *minas de Aristia*. C'est ici qu'a lieu la véritable jonction des deux filons, et cette mine avait donné dans le temps beaucoup de bon minerai ; mais étant située au-dessous de la précédente et limitée par un ravin profond, on l'a épuisée dans peu de temps, et après avoir reconnu que le filon devenait stérile en profondeur on l'a abandonnée.

Si maintenant on remonte le filon principal et

qu'on passe de l'autre côté de *las Mercedes*, on ne trouve le filon riche que de l'autre côté de la montagne, à l'endroit où commencent les travaux de *la Descubridora*.

Cette mine est à côté du ravin où se trouvaient les pierres roulées les plus riches en argent; aussi la principale richesse du filon était aux affleurements; elle est située bien au-dessous des travaux de las Mercedes. Ici le filon se trouve accompagné par une veine qui court parallèlement au filon et à une distance de 2 à 3 pieds de ce dernier. Le minerai ne se répartit que très-irrégulièrement entre la veine et le filon : tantôt il se montre dans les deux à la fois, tantôt dans les points où ils se réunissent, tantôt il ne fait que passer du filon à la veine et réciproquement, ou disparaît entièrement, laissant des masses considérables de sulfate de baryte stérile. La plus grande richesse de la Descubridora se trouvait près de la surface, et commença à diminuer à peu près à 30 varres au-dessous des affleurements. A partir de ce point et à quelques varres plus bas, la veine paraît se joindre au filon, et puis on les voit coupés et rejetés un peu à l'est par un croiseur pierreux stérile. Non loin de cet endroit, à une distance d'environ 60 varres de distance de la surface, on a dernièrement trouvé de très-bon minerai excessivement riche, accompagné de cuivre panaché, et on ne désespère pas de voir continuer la veine métallique en profondeur. Mine de la Descubridora

En résumé, si l'on jette un coup d'œil sur la distribution générale du minerai riche dans cette montagne, comme la partie riche des mines de las Mercedes et d'Aristia se trouve à l'escarpement

nord-ouest, et la partie riche de la Descubridora à l'autre escarpement sud-ouest; comme en outre la pente de la montagne s'incline du côté N.-O., du côté du nord et du nord-est, le long de la *veine du soleil*, on voit, ce que j'ai eu l'occasion de remarquer dans beaucoup d'autres localités, que la montagne a formé ses pentes et escarpements en voisinage des parties riches de filons, et le corps de la montagne reste stérile. D'une autre part les mineurs du pays croient que ces filons ne doivent leur richesse qu'aux veines qui les accompagnent, et que toutes les fois qu'un filon court très-régulièrement sans être accidenté par des filons secondaires ou ramifications, on n'a rien à espérer de lui.

Second filon principal, nommé f. du Cerro Blanco.

Nous avons dit qu'outre le filon que je viens de décrire, et qu'on nomme filon de la Descubridora, il y en a un second situé à une demi-lieue du premier. Ce second filon, nommé filon du Cerro Blanco, se trouve plus rapproché du terrain stratifié d'Avrayan et de Rodaito. Il n'a jamais donné des masses aussi considérables de bon minerai que le premier. On ne l'a trouvé productif que près de l'affleurement et à une profondeur qui rarement dépasse 10 à 15 mètres depuis la surface. A côté de ce filon on en voit d'autres moins importants dont le minerai contient des parties chargées de silicate et de carbonate de cuivre. Parmi les mines qu'il y a dans ce second groupe de filons, les plus considérables sont : 1° la mine de M. George Edwards et compagnie; 2° mine de M. Vincent Subercaseaux et compagnie; 3° mine de Paer, etc.

Considérations générales sur le

Malgré la bonne qualité et la richesse du minerai que les mines d'Arqueros avaient produit

depuis leur découverte, elles n'ont été que peu travaillées et peu approfondies jusqu'à présent. Aucune n'a atteint 100 mètres de profondeur, et dans toutes prises ensemble il n'y a qu'une centaine de mineurs qui travaillent. Les mines qui ont produit le plus, comme celle de las Mercedes et la Descubridora, dont chacune donnait dans le temps plus de 12.000 marcs d'argent annuellement, ces mines n'occupaient jamais plus de dix *barretas*, c'est-à-dire dix mineurs qui travaillaient au fleuret, nommé *barreteros*, et dix autres employés à sortir le minerai, nommés *apires*. Pour ces vingt ouvriers il y avait toujours dix surveillants ou *mayordomos*, car dans ces mines d'argent on est obligé de maintenir autant de surveillants qu'il y a de *barretas*, à cause de la grande richesse du minerai et de la convoitise qu'il excite.

Peu de progrès qu'ont fait jusqu'à présent les travaux dans les mines d'Arqueros.

Parmi les causes du peu de progrès que jusqu'à présent on a fait dans les travaux de ces mines, on doit citer 1° la dureté de la roche; 2° les vols qui se commettent; 3° la cherté de la main-d'œuvre et des vivres. Ordinairement on évalue à 45 piastres (225 fr.) ce que coûte une *barretta* (deux ouvriers mineurs) par mois dans ces mines, et les majordomes, la poudre, les chandelles, les outils, etc., coûtent à peu près autant que le salaire et le maintien des ouvriers.

II.

DESCRIPTION ET ANALYSE DE MINERAIS.

Amalgame natif.

La principale et presque unique espèce qui constitue les minerais d'Arqueros est un hydrargyre d'argent ou amalgame natif dont la composition est atomique, constante, et qui, je crois, n'a jamais été remarqué dans aucune autre mine d'argent ni de mercure du nouveau ni de l'ancien continent. Voici les principaux caractères de ce minéral.

Caractères minéralogiques.

Il est d'un blanc d'argent, terne à la surface lorsqu'il est en grains et masses amorphes, et éclatant lorsqu'il forme des lames interposées entre les lames de sulfate de baryte. Il prend beaucoup d'éclat par la raclure.

Il est plus tendre que l'argent fin, et se laisse couper au couteau. Il est aussi malléable que l'argent pur.

On le trouve ordinairement en grains amorphes et rarement cristallisé.

Sa forme cristalline est l'octaèdre régulier. Les cristaux sont petits et presque toujours groupés suivant l'axe du cristal, formant des octaèdres allongés ou bien des dendrites saillantes. Quelquefois ces dendrites se composent d'aiguilles qui se groupent autour de l'axe, et transversalement à cet axe, formant des octaèdres dont les arêtes se trouvent indiquées par les pointes d'aiguilles. Chaque aiguille n'est que l'assemblage de très-petits octaèdres (la même forme se trouve dans le cuivre natif).

La pesanteur spécifique du minéral cristallisé est de 10,80.

Au chalumeau, dans le matras, il produit un sublimé de mercure sans bouillonner ; mais lorsqu'on met un morceau de ce minéral dans du plomb fondu, comme on le fait pour la coupellation directe, la matière éclabousse et projette des gouttelettes incandescentes, qui laissent des particules d'argent sur les bords de la coupelle.

Dissous dans l'acide nitrique, et puis traité par l'acide muriatique dans une dissolution concentrée, il forme un précipité de chlorure qui ne change pas de couleur, même étant exposé à la lumière directe du soleil.

Analyse du minéral.

Par l'acide nitrique.

Voici la méthode que j'ai suivie pour examiner la composition de ce minéral. On choisit les grains les plus purs, et on les attaque par l'acide nitrique. Le petit résidu qui se forme et qui ne dépasse jamais 0,003 à 0,004, paraît être un sulfure double d'argent et de mercure, et ne contient pas de traces d'or. La liqueur étant suffisamment acide et étendue, on précipite l'argent par l'acide muriatique, et on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré dans la dissolution filtrée. On lave le sulfure avec de l'eau chargée d'hydrosulfate, pour rechercher l'antimoine, l'arsenic, etc. On met le filtre avec le sulfure de mercure humide dans un flacon, on verse de l'acide muriatique faible, et on fait passer un courant de chlore, jusqu'à ce qu'il ne reste que du soufre jaune. On filtre, on lave, on reconcentre les eaux de lavage, et on précipite le mercure par le protochlorure d'étain. Quant à la liqueur qui provient de la précipitation du sulfure de mercure, on l'évapore, et on recherche les oxydes qu'elle peut contenir, etc.

Ce mode d'analyse ne m'a fourni que des résultats approximatifs pour les proportions d'argent

et de mercure; mais il m'a fait voir que l'argent d'Arqueros ne contenait ni or, ni antimoine, ni arsenic, ni aucun autre métal que le mercure. L'inexactitude du procédé provient de l'impossibilité de séparer bien l'argent à l'état de chlorure, sans qu'il entraîne avec lui une quantité notable de chlorure de mercure. Ce dernier ne se sépare même pas facilement, à la première fusion, du chlorure, à moins qu'on ne pousse trop la chaleur, et dans ce cas, on court risque de volatiliser un peu de chlorure d'argent. On diminue l'inconvénient et la perte de mercure en opérant la précipitation de l'argent à chaud et dans une dissolution suffisamment acide et étendue. Dans ce cas, le précipité prend une teinte violacée même à la lumière diffuse; mais il se dissout une quantité notable de chlorure d'argent qui se sépare de la liqueur en la laissant pendant vingt-quatre heures dans un endroit chaud. Le précipité qui se forme dans ce cas est pulvérulent, blanc, et ne devient caséeux et noirâtre que lorsqu'on le reprend par l'acide nitrique bouillant.

Par distillation. J'ai essayé de doser directement l'argent et le mercure en distillant ce minéral dans une cornue de verre, comme on le fait pour essayer des matières riches en mercure. On a pris 5 gr. de minéral en grains et paillettes fines bien purifiés, et on a poussé la température jusqu'au ramollissement du verre. Voici les résultats de l'opération :

Le mercure déposé dans le col ne pesait que 0437.	mercure	0,0874
Le résidu d'argent étant repris par les acides et le mercure précipité par le protochlorure d'étain, par la même méthode que je viens d'exposer, on a obtenu 0,216 de mercure.	meroure	0,0432
La perte de mercure n'était que.		0,0044
		0,1350

On voit, par conséquent, qu'à la chaleur du ramollissement de verre, et en vases clos, l'hydrargyre d'Arqueros retient environ le tiers de son mercure formant un amalgame qui contient à peu près 18 at. d'argent pour 1 at. de mercure.

Par le chlore gazeux.

On ne réussit pas mieux à opérer la séparation de l'argent avec le mercure au moyen du chlore sec. — 5 gr. de minéral aussi menu que le précédent, placés dans une boule aux deux côtés de laquelle étaient soudés des tubes de verre, on a fait passer un courant de chlore sec pendant plusieurs heures. L'appareil était monté de la même manière que pour l'analyse des sulfures. On a d'abord chauffé la boule modérément, et on a élevé la température, vers la fin de l'opération, jusqu'à fondre le chlorure. On a ensuite coupé le tube qui plongeait dans l'eau acidulée avec de l'acide muriatique, et après avoir lavé ce tube avec de l'acide muriatique, on a réuni les eaux de lavage, et on a réduit le mercure par le protochlorure d'étain. Le mercure ainsi obtenu ne pesait que 0,436, et par conséquent sa quantité ne différait pas sensiblement de celle qu'on avait obtenue en distillant la même quantité d'argent dans une cornue de verre; le reste du mercure se trouvait dans la boule à l'état d'un sous-chlorure double, fondu. En versant sur ce résidu de l'ammoniaque, il se formait du chlorure d'argent qui passait dans la dissolution, et de l'argent métallique, qui formait des lames dendritiques excessivement minces, semblables aux dendrites qu'on observe dans les minerais chlorurés de Huasco et de Copiapo.

On voit, par conséquent, que l'argent a la même tendance pour former des amalgames en différentes proportions avec le mercure, que le chlo-

rure d'argent pour former les combinaisons doubles avec le chlorure de mercure.

La séparation de ces métaux s'opère encore plus difficilement, lorsqu'on fait réagir le chlore sec sur les sulfures d'argent et de mercure humides.

1 gr. 60 d'amalgame natif d'Arqueros, pur, ayant été dissous dans l'acide nitrique pur, on a étendu la dissolution, et on a précipité par l'hydrogène sulfuré; puis on a réuni les sulfures dans un petit matras, on a ajouté de l'acide muriatique étendu, et on a fait passer du chlore pendant un temps beaucoup plus long et en quantité dix fois plus considérable qu'il ne fallait pour dissoudre le mercure. Au bout de ce temps, le résidu prit une teinte grisâtre foncée, et la liqueur hydrochlorique filtrée n'accusa pas la moindre trace de mercure. On a repris le résidu par de l'ammoniaque, et on a trouvé qu'environ un tiers d'argent se trouvait à l'état de chlorure combiné avec un sixième de mercure, et que le reste, mercure et argent, se trouvait à l'état de sulfure (1).

Par la voie sèche.

Il résulte de ce qui précède, qu'aucune méthode par la voie humide n'est parfaitement exacte pour séparer l'argent du mercure, et que pour doser directement ces métaux, il faudrait avoir recours à la voie sèche, et opérer à une température très-élevée. Le seul moyen exact serait par conséquent de mettre le minéral sur un support réfractaire

(1) Je n'ai pas eu le temps de reprendre ce travail pour examiner les chlorures et les sulfures doubles qui se forment sous l'influence du chlore gazeux. Je ne fais que signaler les premiers résultats que je viens d'obtenir, pour attirer là-dessus l'attention des chimistes.

dans un tube de porcelaine, adapter à ce tube un autre qui communique au récipient et porter la chaleur jusqu'au blanc; et encore, lorsqu'on songe à la difficulté de recueillir le mercure et à la ténacité avec laquelle l'argent retient les dernières particules de mercure dans une distillation en vases clos, on donnera la préférence à la méthode suivante, qui consiste à doser exactement l'argent et doser le mercure par différence.

On choisit des morceaux purs et on les réduit en lames minces; on en prend un gramme que l'on coupe avec les ciseaux, évitant de produire des petits morceaux qui pourraient se perdre. Le gramme de minéral placé dans une coupelle froide, s'introduit avec la coupelle dans la moufle du fourneau de coupellation. On avance graduellement la coupelle jusqu'au fond, et on porte la chaleur jusqu'au degré nécessaire pour fondre un essai ordinaire d'argent. A cette température, les lames d'argent fin ne se fondent pas, ni n'adhèrent à la coupelle; seulement, les bords des lames s'arrondissent, éprouvent une demi-fusion, et les lames adhèrent les unes aux autres. On retire la coupelle et on pèse l'argent.

Pour voir ensuite si cet argent retient encore quelques traces de mercure, il faut le passer à la coupellation à l'aide du plomb : ce qui ne pouvait pas se faire avant, à cause du bouillonnement et de la projection que produit le minéral cru lorsqu'on le plonge dans un bain de plomb découvert. La seule difficulté que présente la coupellation de cet argent, qui, ordinairement ne retient que 0,001 à 0,0015 de mercure, consiste à éviter la végétation. Effectivement, l'argent étant fin, il est presque impossible de remédier à cet incon-

vénient, à moins qu'on n'ajoute un peu de cuivre avec la proportion de plomb qui lui correspond.

Composition du minéral.

En me fondant sur les résultats obtenus par cette dernière méthode, et prenant la moyenne de plusieurs résultats qui ne différaient que dans les millièmes, je suis conduit à admettre pour composition de l'amalgame natif d'Arqueros :

		Rapports atomiques.	
Argent . .	0,865	(6391)	6
Mercure. .	0,135	(1065)	1
	1,000		

Ce qui prouve que le minéral contient six atomes d'argent pour 1 atome de mercure : $Ag^6 Hg$.

Minéraux associés.

On ne trouve que bien peu de minéraux associés à l'espèce que je viens de décrire, et qui à elle seule produit presque la totalité de l'argent qu'on retire des mines d'Arqueros. Voici les principaux minéraux qui accompagnent l'amalgame natif.

Argent natif filiforme.

1. *Argent filiforme*. Cet argent diffère du précédent, en ce qu'il ne contient pas de mercure; on le reconnaît par la forme sous laquelle il se présente, et qui ne se trouve jamais dans l'amalgame. Ce sont des fibres ou filaments longs, striés dans leur longueur, quelquefois frisés ou contournés. La gangue est du carbonate de chaux mélangé de particules terreuses, de sulfure et d'antimoniure d'argent. Lorsqu'on traite ce minéral par l'acide nitrique, il se forme un petit résidu noir qui ne s'attaque que très-difficilement par cet acide, mais qui, étant repris par l'acide muriatique, donne du chlorure d'argent, et la liqueur

annonce la présence de l'acide sulfurique et de l'acide du mercure (?). On dirait que c'est le même sulfure double qui accompagne l'amalgame; mais je n'ai jamais pu me procurer assez de ce sulfure pour en faire une analyse.

Cet argent filiforme ne se trouve qu'en très-petite quantité dans les mines d'Arquéros, et les maîtres-mineurs m'ont dit qu'il n'appartient qu'à la partie inférieure du filon principal, à la région où commencent à apparaître les sulfures.

1 gr. de cet argent, dissous dans l'acide nitrique, et ensuite précipité par l'acide hydrochlorique, m'a donné :

Argent.	0,982
Sulfure inattaquable par l'ac. nitrique.	0,007
Gangue et perte.	0,011
	1,000

2) *Argent chloruré*. Il ne se montre qu'en très-petite quantité et seulement près de la surface dans le filon de Cerro Blanco; tandis qu'on le trouve plus communément dans les filons de Avrayan et de Redaito qui traversent le terrain stratifié dans le voisinage d'un calcaire coquillier.

3) *Sulfure d'argent cobaltifère*. Le minerai riche de *las Mercedes* contient souvent une substance noire, terreuse, tendre, disséminée dans la gangue et mélangée de pointes roses d'arséniate de cobalt. J'ai eu de la peine à me procurer un peu de cette substance pure au moyen du triage. J'ai commencé par faire digérer la poudre dans l'acide sulfurique pur faible, pour enlever l'arséniate de cobalt, puis j'ai attaqué le résidu lavé par l'acide nitrique bouillant. Ensuite j'ai précipité successivement l'argent par l'acide hydrochlorique,

le soufre par la baryte, le bismuth par l'hydrogène sulfuré, le cobalt et le nickel par l'hydrosulfate, etc.; et j'ai trouvé :

Argent.	0,322
Cobalt.	0,017
Nickel.	0,008
Bismuth.	0,033
Soufre.	0,064
Gangue argileuse et perte.	0,556
	1,000

On n'a pas trouvé de traces d'antimoine ni d'arsenic. L'analyse demande à être répétée sur une quantité de minerai plus considérable et pure.

4) *Arséniate de cobalt.* C'est le compagnon le plus constant, des minerais d'argent, non-seulement dans les mines d'Arqueros, mais aussi dans toutes les mines d'argent du Chili. Je l'ai vu dans les minerais d'argent natif et d'argent chloruré des mines du Haut-Huasco, dans les chlorures d'argent de Copiapo, dans les minerais argentifères sulfurés et arséniurés de Ladrillos, de Punka Brava, etc.; avec cette différence que les minerais sulfurés contiennent plus d'arséniure de cobalt que d'arséniate, et les minerais d'argent métallique et chloruré contiennent presque exclusivement de l'arséniate avec quelques traces de sulfure. Le fait est que toutes les fois qu'on aperçoit des pointes roses de ce minéral, on a à supposer l'existence de l'argent; et particulièrement à Arqueros l'arséniate de cobalt caractérise les minerais les plus riches de la mine. Et cependant, malgré que ce minéral soit aussi répandu dans les mines d'argent, on ne le trouve que disséminé en particules

très-petites, amorphes, mélangées de gangue, et jamais je ne l'ai trouvé concentré en quantité assez grande pour pouvoir en faire l'analyse.

A côté de l'arséniate de cobalt on distingue souvent des parties verdâtres d'arséniate de nikel.

5) *Sulfures multiples cuivreux*. On n'a trouvé de ces minéraux en quantité un peu considérable que dans les travaux inférieurs de la Descubridora, dont la situation, comme je viens de le dire, est rapprochée des Cordillières, et bien au-dessous des autres mines du même filon. Parmi les sulfures on remarque ceux de cuivre gris antimonifère, de cuivre panaché et quelques traces de cuivre pyriteux. Il arrive de voir de l'amalgame natif en grains visibles au milieu des sulfures cuivreux, qui, étant séparés par un triage soigné, ne m'ont donné que 0,005 d'argent. Un échantillon de la mine de Descubridora, composée d'un mélange de cuivre panaché et de cuivre gris sans argent métallique, contenait 0,0295 d'argent.

Dans une des galeries inférieures de la même mine, et au-dessous de ce mélange de cuivre gris et cuivre panaché, on a dernièrement trouvé de la galène mélangée de pyrites de fer ne contenant presque pas d'argent.

En résumant maintenant le mode dont ces divers minéraux se trouvent disposés dans le groupe des mines d'argent d'Arqueros, de Rodaito et d'Arrayan, on y trouve de l'analogie avec la manière dont on voit disposées différentes espèces de minerais d'argent dans beaucoup d'autres mines du Chili au Huasco et Copiapo.

Ainsi les têtes des filons qui percent la partie stratifiée du terrain (surtout au contact ou au

voisinage de couches calcaires) produisent le chlorure;

Au chlorure s'associe ordinairement l'argent métallique qui de préférence naît dans les masses non stratifiées immédiatement au-dessous des premières;

L'argent métallique est accompagné par le cobalt, le mercure et souvent par l'arsenic;

Au-dessous de ces substances, dans les parties inférieures des filons, ou bien en allant de l'ouest à l'est, c'est-à-dire en s'approchant des Cordillières, on tombe sur les arséniures et sulfo-arséniures;

Lorsque ceux-ci manquent, on voit apparaître l'argent rouge antimonifère (rare) et les cuivres gris;

Puis ces derniers passent tantôt aux blendes et aux galènes;

Tantôt aux cuivres panachés et pyriteux;

Tantôt aux pyrites de fer.

Il arrive de trouver toutes ces espèces ou la plupart d'entre elles, disposées dans l'ordre que je viens d'indiquer, et comprises dans un même filon ou dans un groupe de filons très-rapprochés, et on n'a jamais vu l'argent métallique au-dessus des chlorures, ni les arséniures au-dessus de l'argent métallique, ni la galène ou des minerais pyriteux au-dessus des arséniures et des cuivres gris antimonifères.

III.

TRAITEMENT DES MINERAIS D'ARQUEROS PAR LA MÉTHODE D'AMALGAMATION AMÉRICAINE.

Les minerais d'Arqueros n'étant composés que d'une seule espèce minérale qui ne varie pas de principes constituants, et les minéraux associés se trouvant en très-petite proportion ; on ne classe les minerais que suivant la loi qu'ils contiennent. Ainsi on les divise : Classification des minerais pour le traitement en grand.

1° En *metales de Rancho*, minerais qu'on garde sous clef dans la maison même (Rancho) de l'inspecteur. Ces minerais sont très-riches. Ils contiennent beaucoup d'argent à la vue et renferment 10, 20, jusqu'à 30 pour cent de ce métal (1000 à 3000 marcs au caisson).

2° *Metales de Cancha*, qu'on garde dehors à l'endroit même où s'opère le triage et qui se nomme Cancha. Ils ne présentent que peu d'argent à la vue ; mais on les distingue par une gangue barytique compacte, mélangée de parties noirâtres, brunâtres et grisâtres, grenues ou terreuses ; dans lesquelles on aperçoit à la loupe des grains extrêmement fins d'hydrargyre. La loi de ces minerais varie, mais rarement elle descend à 0,35 ; ordinairement elle monte à 0,5, à 1 et même à 1,5 pour cent.

3) *Llampos*. Ainsi se nomme la partie menue du minerai, où les petits fragments et la poussière qu'on ramasse soit dans les galeries d'exploitation, soit dans la Cancha où on trie les minerais. La loi des Llampos dépend de celle des minerais dont ils proviennent. Ceux qui résultent

du triage des minerais de Cañcha n'ont quelquefois que 30 à 35 marcs au caisson (0,0025).

On conçoit que les minerais étant très-riches on n'en retire pas beaucoup des mines d'Arqueros. Pour un caisson de minerai de première qualité on retire ordinairement 5, 6 et 7 caissons de minerai de Cañcha et à peu près $\frac{1}{3}$ de caisson de Llampos.

Préparation des minerais.

On concasse le minerai en morceaux qui ne dépassent pas 2 à 3 centimètres cubes en volume. On les charge dans des sacs de cuir d'environ 2 quintaux de poids et on les transporte à dos de mules aux ateliers d'amalgamation (buitrones) qui se trouvent à 12 lieues de ces mines, à Coquimbo et dans les environs de la ville. Chaque charge pèse 4 quintaux du pays; 16 charges forment un caisson (cajon).

La méthode qu'on suit pour le traitement de ce minerai consiste non-seulement à extraire l'argent, mais aussi à utiliser le mercure contenu dans le minerai. Si tout l'argent passait à l'état d'amalgame complet, mou, tel que la méthode américaine ordinaire l'exige, on perdrait dans le traitement au moins 4 onces de mercure pour 1 marc d'argent, et dans beaucoup de cas la perte s'élèverait à 1 marc de mercure pour 1 marc d'argent; et comme 1 quintal d'argent natif d'Arqueros contient seulement 18 livres 5 de mercure, on perdrait, outre le mercure natif contenu dans le minerai, au moins 36 livres de mercure ajouté, pour l'extraction d'un quintal d'argent. Or nous verrons que par la méthode qu'on suit, et qui probablement a été découverte d'elle-même, on ne perd de mercure qu'en traitant les minerais pauvres, et qu'il arrive aux propriétaires d'éviter toute consommation

de mercure ou bien d'obtenir une légère augmentation sur le mercure employé dans le traitement, lorsqu'on traite des minerais riches de Rañcho.

Voici les principales opérations dont se compose le traitement.

Pulvérisation des minerais.

Les moulins à eau qui servent à pulvériser le minerai ne diffèrent en rien de ceux qui ont été décrits par les voyageurs. C'est toujours une roue horizontale d'environ 4 mètres de diamètre, dont l'arbre est traversé par une tige de fer qui soutient la meule. Celle-ci et le bassin sur lequel court la meule sont faits d'une roche dioritique dépourvue de quartz et de mica. L'opération se fait avec de l'eau ; le minerai s'écrase sous la meule, et pendant que les parties les plus fines d'argent se trouvent entraînées par l'eau avec la gangue, les gros grains, les lames et paillettes d'argent, qui par leur malléabilité ne font que s'aplatir sous la meule, restent dans le bassin et forment un résidu extrêmement riche et pesant.

On a alors deux produits différents que l'on traite chacun séparément et par des méthodes distinctes.

I. La poudre fine entraînée par l'eau et qui se dépose dans des fosses de 1 à 2 mètres de profondeur. C'est la boue qu'on traite par la méthode d'amalgamation ordinaire et qu'on nomme *terres* ou *farines d'amalgamation* (*tierras*, ou *farinas de beneficio.*)

II. La partie riche qui reste dans le bassin et qu'on nomme *relave*. On la soumet à un autre traitement nommé *cuisson* (*cocimiento*).

Quelque riche que soit le minerai, il arrive ordinairement que le mélange des terres ou farines ne contient que 120 à 140 marcs d'argent au caisson (environ 0,01 à 0,012), et le reste de l'argent passe dans le *relave*. Cela tient probablement à la nature même de cette espèce minérale qui, lorsqu'elle se trouve en abondance, forme de gros grains, beaucoup plus gros que l'argent natif fin ; car j'ai remarqué que l'argent métallique pur qu'on voit dans les minerais chlorurés et arsénifères de Ladrillos, de Chañarcillo, de Tunas, etc., est toujours disséminé en particules tellement fines que lorsqu'on pulvérise ces minerais il ne reste rien dans le bassin du moulin, pas même de traces d'argent, quelque riche que soit le minerai.

TRAITEMENT DU RELAVE (Cocimiento).

Le résidu qui reste dans le bassin du moulin n'est pas tout à fait pur ; il contient encore beaucoup de gangue barytique et des parties cobaltifères mélangées ou enclavées dans les grains d'argent. On commence par remplir le bassin d'eau et on fait subir au minerai un lavage soigné au moyen de sébiles en forme d'entonnoir très-évasé d'environ six pouces de profondeur. Deux laveurs se tenant debout dans le bassin, prennent chacun quelques livres de relave dans leur sébile et la tenant submergée dans l'eau, l'agitent et remuent la masse de manière à ce que le sable passe à la surface et l'argent tombe au fond de la sébile. On ôte avec précaution le sable de dessus le minerai pur et on tâche autant que possible de séparer ce dernier. On vide ensuite les sébiles dans une chaudière de cuivre d'environ $1^m,3$ de diamètre et de $0^m,5$ de

profondeur. On verse de l'eau, on ajoute du sel, et puis immédiatement après du mercure en proportion à peu près triple du poids de l'argent. On remue la masse et on la fait chauffer pendant une ou deux heures tout au plus, sans porter la chaleur à la température de l'ébullition. C'est cette opération qui donna au procédé le nom de cuisson (*cocimiento*).

Au bout de deux heures l'opération est terminée. Les grains d'argent enveloppés dans un amalgame épais qui adhère à leur surface forment une masse pesante, qui nage dans le mercure, tandis que les grains de sable et tout ce qui n'est pas métallique se détachent du minerai et viennent à la surface. On enlève ce sable à la main et on le nettoie en frottant les grains les uns contre les autres pour en détacher les particules d'argent. On remue à différentes reprises la masse pour aider la séparation des parties pierreuses; puis on décante l'eau, on nettoie bien la surface du bain au moyen de linges humides et on retire à la main la masse de l'argent qui forme un corps séparé au milieu du mercure. On la porte immédiatement dans le magasin où on l'exprime dans des moules en bois pour séparer l'excès de mercure. Sortie du moule, on la soumet à la distillation dans le même four et dans les mêmes appareils que l'amalgame provenant du traitement des *terres*. Dans cette distillation non-seulement on retire tout le mercure qui a été employé dans la cuisson, mais aussi presque la totalité du mercure qui se trouvait à l'état d'amalgame natif dans le minerai. Il ne se perd que ce que retient l'argent cru sorti du fourneau de distillation. Cet argent cru, nommé *piña*, est connu dans le commerce

sous le nom de *piña de relave*, pour le distinguer de l'autre qui provient de l'amalgamation des *terres* et qu'on nomme *piña de beneficio*. Nous verrons dans la suite en quoi consiste la différence entre ces deux espèces d'argent cru.

On voit, par ce que je viens de dire, que le mercure qu'on emploie dans le *cocimiento* ne sert pas à amalgamer l'argent, mais à le *laver* comme disent les mineurs, et l'argent qui en provient n'est pas à l'état d'amalgame mais à l'état natif, et seulement *touché* (plata tocada) par un amalgame épais qui ne forme qu'une enveloppe bien mince autour des grains. Ce but de l'opération étant bien compris par les amalgamateurs du pays, on a dernièrement simplifié la méthode en renonçant tout à fait à la *cuisson*. On ne fait maintenant que mettre le *relave* dans un baquet de bois et le laisser en contact avec le mercure pendant deux à trois heures sans ajouter de sel ni sans chauffer le mélange. De sorte que dans ce cas toute l'opération se réduit à remuer de temps en temps la masse et séparer les parties pierreuses qui du reste entraînent toujours un peu d'argent, et pour cela on les réunit au minerai brut pour être de nouveau pulvérisées.

TRAITEMENT DES TERRES OU FARINES D'AMALGAMATION (Tierras de beneficio).

La méthode qu'on suit dans les traitements des boues métallifères qui se déposent dans les fosses pendant la mouture des minerais, est la méthode ordinaire américaine. Comme les minerais d'Arqueros contiennent presque la totalité d'argent à l'état métallique, on n'emploie jamais de magistral; et en outre, cet argent se trouvant en par-

ticules bien fines dans les *terres*, l'amalgamation ne présente pas de difficulté et ne se prolonge jamais au delà de 6 à 8 jours.

Les *terres* étant retirées des fosses, on commence par les sécher au soleil, et pendant qu'elles conservent encore un peu d'humidité, on les porte à la cour (al patio), où on dispose dans trois où quatre rangées des cuirs de vaches, dont chacun est destiné à recevoir un tas de minerai nommé *cuerpo*.

Pour donner l'idée de la marche qu'on suit dans le traitement, je vais décrire le procédé comme je l'ai vu exécuter au mois de septembre 1839, sur une quantité d'environ 250 quintaux de *terres*, à l'atelier de M. Rodriguez, à Coquimbo.

Mercredi. L'opération commença mercredi, 6 septembre, à 4 heures du soir, au moment où on terminait le lavage du traitement extérieur.

Il y eut 45 *corps* rangés en quatre files. Chaque corps contenait 27 arobes 24 livres (709 livres) de terres humides, ce qui correspondait à 623 de terres sèches; de sorte qu'un caisson de minerai de 60 quintaux se trouvait réparti dans 10 à 11 corps. C'est la grandeur qu'on donne ordinairement aux corps : on ne mesure pas au poids, mais au volume.

Onze ouvriers placés dans la première file commencèrent par étendre chacun leur tas de minerai sur le cuir, laissant au centre un enfoncement pour y mettre du sel. On jeta dans chaque *corps* 2 arrobes (50 livres) de sel, et on opéra le mélange en ajoutant de l'eau en proportion suffisante pour donner à la pâte une consistance convenable. Après avoir pétri les corps de la première file, les mêmes ouvriers passèrent à la seconde, et de là à la troi-

sième et à la quatrième, et recommencèrent le travail par la première. Outre les onze ouvriers qui repassaient de cette manière les *corps* des quatre rangées, il y en avait un qui travaillait continuellement à pétrir et malaxer un *corps* séparé nommé *guia*, afin d'avancer l'opération le plus vite possible, et dans le but de déterminer la loi du minerai suivant laquelle on réglait la proportion de mercure nécessaire à ajouter aux autres corps (1).

Incorporo. *Jeudi.* On commença le travail à 6 heures du matin, et on continua à pétrir et repasser les *corps* pendant toute la journée; à 4 heures du soir on ajouta à chaque corps 12 livres de mercure. On appelle cette opération *incorporer* (incorporar). — Pour bien mélanger le mercure avec la pâte, l'ouvrier replie en deux le cuir, et laissant d'un côté toute la masse, se place sur l'autre moitié du cuir qui reste vide. Il y met un peu de pâte qu'il arrange de manière qu'au centre elle forme un léger enfoncement où il verse le mercure. Il ne verse pas tout le mercure à la fois, mais il en ajoute par petites portions, qu'il tâche de mélanger avec la pâte le mieux possible, en se servant d'une pelle et de son pied. Les gouttes qui en échappent, il les ramène en les saupoudrant avec du sable sec et les frottant contre le cuir. Il n'ajoute de la pâte que lorsque le mercure se trouve déjà bien *incorporé* dans la première portion de

(1) Je ne m'arrête pas à décrire la manière dont on pétrit et l'on mélange les tas, et qui consiste dans le mode dont l'ouvrier piétine et repasse avec son pied tout le *corps* en le tenant bien arrondi. La méthode ne diffère en rien de celle qui a été décrite par différents voyageurs.

pâte qu'il avait détachée du tas, puis il en ajoute de plus en plus, en continuant de pétrir et bien malaxer la masse, jusqu'à ce que tout le corps y soit réuni. L'amalgamateur attache beaucoup d'importance à bien incorporer la première portion de mercure, et cette opération dure à peu près une heure pour chaque corps.

Vendredi était jour de fête et le travail fut suspendu.

Samedi. Le travail recommença à l'heure ordinaire. — Les ouvriers ont une heure de repos pour déjeuner, et une heure à midi pour dîner. On continua à malaxer les corps en ajoutant de temps en temps un peu d'eau pour maintenir la pâte suffisamment molle. A 5 heures du soir on ajouta à chaque corps 12 livres de mercure, et on opéra le mélange de la même manière que pour *incorporer*. Cette seconde incorporation de mercure porte le nom de *repaso* ou *recargo*. *Repaso.*

Dimanche. Travail suspendu. Le beau temps favorisait l'amalgamation, qui s'opère ordinairement plus vite en été qu'en hiver.

Lundi. Ce jour l'essai, pris vers les 5 heures du soir, donna un amalgame en copeaux grisâtres, mats; mais il était sec, et la bordure de l'essai (liz) (1) indiquait encore la présence de l'argent. On malaxa les corps pendant toute la journée.

Mardi. Sur les huit heures du matin, on ajouta à chaque corps 4 livres de mercure, et on travailla toute la journée par un beau temps. Le soir, les essais à la *chua* donnèrent un amalgame *humide*, et la bordure blanche de l'essai indiquait qu'il y avait un excès de mercure.

(1) Je donne dans la suite l'explication de ce terme.

Mercredi. On continua à malaxer pour voir si cet excès de mercure pouvait encore passer dans l'amalgame; et comme il ne faisait que fournir la *liz* extrêmement divisée, on ajouta, vers les 8 heu-
Baño. res du matin, à chaque corps, 6 livres de mercure. Cette opération se nomme *baigner* (bañar), et son but devait être de réunir (recoger) les petites gouttelettes de mercure, afin d'en diminuer la perte. Aussi, pour passer cette dernière portion de mercure dans le corps, au lieu d'opérer le mélange comme pour *incorporer*, on ne fit que verser le mercure à la surface du *corps*, en gouttes à peu près également distribuées sur toute la surface, et piétiner pendant quelques heures.

A 4 heures du soir, l'opération fut terminée, et on commença le lavage.

Ainsi l'amalgamation n'a duré que sept jours; il n'y a eu que cinq jours de travail, et on a introduit 34 livres de mercure dans chaque tas, dans l'espoir d'en retirer 11 à 12 marcs d'argent.

L'opération, comme je viens de la décrire, peut donner l'idée de la méthode générale qu'on suit pour le traitement des minerais d'Arqueros. Cette opération se répète toujours de la même manière à chaque nouveau traitement à l'exception que quelquefois elle se prolonge un jour de plus, et qu'on ajoute plus ou moins de mercure en raison de la loi que *la guia* indique pour les terres qu'on est en train d'amalgamer. On emploie toujours 6 marcs de mercure pour 1 marc d'argent qu'on suppose dans les terres.

Quelques amalgamateurs font usage de plomb, afin, comme ils disent, de *réunir* le mercure. Pour cela, on fait fondre dans un pot de grès une

dizaine de livres de plomb, et on verse dans ce métal liquide une quantité égale à son poids de mercure. On broie l'amalgame, on le réduit en poudre, et on en ajoute à chaque *corps* en quantité qui varie de 8 onces à 1 livre, et quelquefois à 1 livre et demie par corps. On nomme cet amalgame *pir* ou *pire*, et on ne l'ajoute aux corps que lorsque tout l'argent se trouve amalgamé (*reverdido*), et que l'excès de mercure est à l'état de division extrême, ce qui n'arrive qu'à la fin de l'opération, le dernier jour du travail, quelques heures avant d'introduire le *bain*. — Nous reviendrons dans la suite à ce sujet, en examinant les réactions chimiques qui s'opèrent dans le traitement; mais avant, je dois énumérer les principales opérations qu'on fait subir à l'amalgame.

Lavage des terres amalgamées.

Le lavage se fait d'une manière simple, facile, mais peu soignée. On ne se sert pas de cuves à moulinet, comme au Pérou et au Mexique. On jette les terres dans un bassin construit en pierres de taille, et dont le fond se trouve à peu près à 1 mètre au-dessous de l'orifice d'où vient un courant d'eau continu. Ce bassin n'a que $0^m,2$ de profondeur. En sortant de ce bassin, l'eau parcourt un canal évasé d'environ $3^m,5$ de longueur, et se rend dans un second bassin de même profondeur que le précédent; de là il se porte dans un second canal qui a 5 à 6 mètres de longueur, et au bout duquel on voit des fosses profondes où doivent se déposer les résidus. L'intérieur des deux bassins et les canaux sont couverts de peaux de vaches.

On commence par verser dans le premier bassin

3 bouteilles de mercure (environ 230 livres), et on apporte les boues d'amalgamation que l'on jette dans ce bassin par parties, et qu'on remue afin de faciliter la séparation des substances terreuses. La majeure partie de l'amalgame se dépose dans ce premier bassin; quelques particules qui s'en échappent sont recueillies dans le premier canal et dans le second bassin, tandis qu'une grande partie du mercure qui se trouve à l'état de subdivision extrême, et qu'on nomme *liz blanca* (résidu blanc), s'arrête dans le second canal long. Dans ce résidu blanc on remarque aussi des grains noirs et métalliques qui proviennent des minerais sulfurés lorsqu'il y a du cuivre gris, du cuivre panaché, etc. Enfin les eaux de lavage emportent et déposent dans les fosses les terres avec les restes de mercure et d'argent qui n'ont pas pu être réunis à l'amalgame.

Filtration et distillation d'amalgame.

L'amalgame étant recueilli et bien nettoyé, on le porte au magasin, on le filtre à travers des sacs de coutil; puis on le comprime dans des moules en bois pour lui donner la forme de pains de sucre tronqués.

La distillation s'opère sous des cloches en fonte, sous lesquelles on place les récipients en argile cuite. La cloche repose sur une rondelle de fer, au centre de laquelle on voit une ouverture en forme de trèfle qui ouvre la communication entre l'intérieur de la cloche et celui du récipient. Sur cette rondelle, on place un anneau en fer battu d'environ $0^m,05$ de hauteur, et qui ne bouche qu'en partie l'ouverture de la pièce intérieure.

Enfin, sur l'anneau repose une seconde rondelle de fer (*c*) percée de trous, sur laquelle est placé l'amalgame. On importe ces appareils d'Angleterre. Un four à réverbère reçoit cinq cloches, dont les récipients descendent sous la voûte qui supporte la sole du fourneau. Les cinq cloches renferment ordinairement 250 à 260 marcs d'argent lorsqu'on distille l'amalgame provenant de *terres* ou *farines* métalliques, et elles reçoivent à peu près deux fois autant lorsqu'on distille l'argent cru provenant du *relavé*.

Du reste, le fourneau, l'atelier d'amalgamation et de lavage, le magasin et le moulin pour pulvériser les minerais, tout, en un mot, est si grossièrement construit et arrangé, qu'il n'y aurait pas d'exagération à dire, qu'un poulailler en Europe aurait plus d'apparence et serait arrangé avec plus de soin et de frais, que n'est cette pauvre mine, dont on a retiré pour plus de 15 millions de francs d'argent dans quatorze ans, depuis la découverte d'Arqueros.

Refonte en barres.

L'argent cru sorti du fourneau, porte le nom de *piña*. Dans le temps on le vendait toujours dans cet état; mais depuis que quelques spéculateurs se permirent de mettre dans l'intérieur des piñas des morceaux de fer, ou d'introduire d'autres mélanges étrangers, le prix de l'argent cru ayant baissé considérablement, les propriétaires ont maintenant l'habitude de fondre les piñas en barres dans un four à réverbère.

Essais à la chua. — Indication de la marche que suit l'amalgamation dans le traitement des terres ou farines argentifères.

Une petite assiette plate, ronde, faite d'argile cuite, noire, et nommée *chua* (1), (au Mexique, *jicava*; au Pasco, *chuga*), est l'instrument le plus précieux dans les mains de l'amalgamateur. Il met sur cette assiette un peu de pâte qui est en train de s'amalgamer, et tenant l'assiette inclinée, et à moitié submergée dans l'eau, il lui imprime un mouvement rotatoire tel, que tous les points des bords de l'assiette sortant successivement l'un après l'autre de l'eau, les autres s'y replongent, et l'axe de l'assiette subit une révolution conique. Il se forme, par suite de ce mouvement, un courant d'eau circulaire, qui ne laisse sortir du plateau que les particules les plus fines de la pâte. Ce courant retient et réunit au centre le sable grossier et les parties métalliques, et il les arrange suivant leurs pesanteurs spécifiques : de manière que le sable de la gangue, occupant le milieu, la partie pesante, grenue, métallique, se porte vers la circonférence, et l'amalgame en *copeaux* glisse par-dessus. L'art de l'essayeur consiste à savoir bien séparer ces trois parties de l'essai, et, surtout, à bien réunir et mettre sur un côté de la circonférence de l'essai la partie grenue, métallique qui doit toujours former la bordure de l'essai qui se nomme *liz*. C'est cette partie essentielle de l'essai qui attire l'attention de l'amalga-

---

(1) On la nomme aussi *achua*.

mateur; car il n'y a que l'aspect de la *liz* qui puisse lui indiquer la marche de l'opération.

Tâchons de décrire les changements que présente, dans son aspect, l'essai à la chua, à mesure qu'avance l'opération, depuis le premier jour du traitement jusqu'à ce que tout l'argent soit amalgamé.

Premier jour. Lorsqu'on fait l'essai le premier jour du travail avant d'*incorporer* le mercure, l'essai ne se compose que de deux parties distinctes : la gangue et la bordure métallique ou la *liz*, qui est grisâtre, douée d'un faible éclat métallique, et par cela moins blanche que le sulfate de baryte qui constitue la gangue.

Second jour. Si l'on répète l'essai une ou deux heures après l'*incorporation* de la première portion de mercure, on distingue immédiatement trois parties de l'essai :

1) *Le sable*, formé d'une gangue barytique blanche, occupant le centre de l'essai.

2) La *pella*, ou l'amalgame qui se forme à l'instant même, par le contact des parties fines d'argent avec le mercure. L'essayeur, comme je viens de le dire, tâche de glisser cet amalgame par-dessus la gangue, afin de mettre à découvert la bordure de l'essai.

3) *La liz*, ou la partie métallique grenue qui se porte vers la circonférence du côté d'où vient le courant.

L'essayeur a deux choses principales à examiner : *la liz* et *la pella*. L'argent cru et le mercure cru restent dans la *liz*, tandis que l'argent amalgamé passe dans la *pella*. Celle-ci est par conséquent comme un magasin où se réunit la partie de minerai qui a déjà été saisie et pénétrée de mer-

cure; tandis que la *liz* est le véritable champ de l'action du mercure sur l'argent et du sel sur les deux métaux. La première pella qui se forme est encore *sèche*, grise, grenue et de peu de consistance; mais à mesure que la proportion de mercure augmente et que les deux métaux s'unissent, la pella augmente de volume, et devient liante, molle, ses grains se transforment en copeaux, et en même temps la *liz* change d'aspect.

On conçoit que la liz contenant les matériaux crus, c'est elle qui doit indiquer les réactions qui s'opèrent et la marche du traitement.

Lorsqu'on examine cette *liz* deux ou trois heures après la première introduction du mercure, on y remarque les différentes zones concentriques qu'il importe de distinguer.

(A) *Argent vierge* (plata virgen). C'est la lisière qui touche à la gangue barytique et qui se compose de particules d'argent natif que le mercure n'a pas encore touchées. Quelquefois on les voit séparées de la gangue par un filet excessivement mince, noire, qui consiste en parties sulfureuses, noires, connues sous le nom de minerai froid (metal frio). Lorsque celui-ci manque, on reconnait encore l'argent vierge par sa couleur grisâtre qui diffère beaucoup du blanc de la barytine.

(B) *Limaille* (limadura). C'est pour ainsi dire l'embryon de l'amalgame. Elle se compose de particules d'argent *touchées* par le mercure. On les voit à l'état de leur division primitive, enveloppées de mercure, avec lequel elles ne forment pas encore une combinaison complète. Elles sont plus blanches et mieux arrondies que celles de l'argent vierge. Les centres de ces particules n'étant pas

encore pénétrés de mercure, elles ne peuvent se réunir les unes aux autres pour former la pella. Il y faut du temps et du travail.

C) *mercure cru* (deshecho) (*). Comme on suppose que l'essai a été fait peu de temps après l'incorporation, on trouve dans la bordure, outre la limaille, des gouttelettes de mercure pur qui n'ont pas encore eu le temps pour se transformer en amalgame. Le pétrissage les divise en particules excessivement petites, et ce n'est qu'en frottant la liz avec le doigt et laissant un peu d'eau dans la chua qu'on les réunit en gouttes liquides, visibles.

On voit, par conséquent, que l'opération consiste *à transformer les particules d'argent vierge* (A) *en limaille* (B), *et celle-ci en pella* (2) *au moyen du deshecho* (C).

Effectivement, à mesure que l'opération avance, l'argent vierge disparaît, la liz devient blanche, ne donne pas de gouttes de mercure, et se trouve presque entièrement composée d'une limaille grenue, dont une partie ayant passé dans la pella, celle-ci devient encore plus sèche qu'au commencement.

Troisième et quatrième jour: — C'est le temps où l'amalgamateur voyant que tout le mercure a déjà été absorbé, en ajoute une nouvelle dose, que l'on mélange et triture de la même manière que la première. Cette nouvelle portion de mercure ne pouvant pas produire son effet immédiatement après le *recargo*, il se forme d'abord une certaine quantité de nouvelle *liz de mercure* qui, à me-

---

(*) Quelques amalgamateurs emploient le nom de *liz de arogue* ou *bordure de mercure*.

sure que le travail avance, disparaît en faisant passer une nouvelle quantité de limaille dans la pella.

Si après cela, l'amalgamateur aperçoit que la liz contient une quantité considérable de limaille, et que la pella reste encore bien *sèche*, on ajoute la troisième dose de mercure égale à la première, ou bien un peu moindre, selon que l'on juge nécessaire d'après l'aspect de la liz. On n'ajoute jamais à la fois plus de 12 livres de mercure à chaque corps.

Cinquième et sixième jour de travail : — Arrivant au dernier période de l'opération, on remarque que les dernières parties de limaille ne passent dans la pella qu'à la faveur d'un grand excès de mercure et d'une trituration prolongée; c'est alors qu'il se forme beaucoup de *deshecho* très-divisé, qui reste dans la bordure blanche et métallique, et qui constitue à lui seul presque la totalité de la liz.

Les gens du métier observent que c'est surtout à cette dernière époque de l'opération qu'il se forme dans la liz une substance grisâtre, grenue, qui, selon eux, n'est ni argent ni mercure, et qui occasionne la perte de mercure. Quelques essayeurs nomment cette substance *desliz de mercure* (deslis de arogue); c'est probablement un mélange d'oxyde, de chlorure et de mercure très-divisé. On la distingue de la liz de mercure ou deshecho, en ce que frottant celui-ci dans de l'eau, sur la chua, on le réunit en petits globules de mercure brillants et liquides; tandis que le desliz ne produit pas cet effet, conserve sa couleur grisâtre, terne, et trouble l'eau.

Lorsqu'au milieu de tout ce qui compose la liz

de l'essai, on ne trouve plus de traces de limaille d'argent, et que cette liz se réunit en globules de mercure; lorsqu'en même temps la pella est en copeaux, et qu'en la comprimant avec le doigt contre le fond de la chua, on en fait sortir une quantité notable de mercure; c'est alors que l'amalgamateur croit l'opération terminée, *les corps rendus* (cuerpos rendidos), et il ne lui reste qu'à ajouter le *bain*, pour réunir les particules de la liz en globules.

Causes qui influent sur la perte de mercure, et moyens d'y remédier.

Je viens de dire que le mercure qui reste dans la liz à l'état granulaire, sans pouvoir se réunir à la pella, et qui par cela même se perd dans le lavage, est en partie métallique, pur, capable de se réunir en globules, en partie à l'état d'une substance grisâtre, qui forme un mélange d'oxyde, de chlorure et de mercure.

C'est pour remédier à la formation de cette substance (desliz) que quelques amalgamateurs conseillent d'ajouter du plomb : ils croient que ce métal réunit (recoge) le mercure en le faisant repasser à l'état métallique. D'autres, au contraire, prétendent que le plomb ne fait que baisser la loi de l'argent sans diminuer considérablement la perte de mercure. Le fait est que les propriétaires qui vendent leur argent en barres *pour la loi* (por ley) ne se servent pas de plomb dans l'amalgamation, et ceux qui vendent l'argent en piña, *au poids*, sans le laisser essayer, ajoutent du plomb (1).

(1) On vend l'argent en barres à l'essai à 10 piastres

On connaît bien l'effet que doit produire le plomb sur le chlorure de mercure; mais il se produit si peu de chlorure dans cette espèce de traitement, que réellement la grande quantité de plomb qu'on ajoute, dans certains cas, vers la fin de l'opération, doit avoir pour but d'augmenter plutôt le poids de l'argent que de diminuer la perte de mercure. Effectivement, la piña qui provient du traitement au plomb m'a toujours donné 2, 3, à 4 p. o/o d'argent de moins que la piña du traitement sans plomb; et en outre, quelques amalgamateurs prétendent qu'un grand excès de plomb ajouté aux corps déjà *rendus*, peut *dessécher* la pella et augmenter la liz.

Quant à la grande quantité de *deshecho,* c'est-à-dire de la *liz* de mercure qui se forme surtout vers la fin de l'opération, comme c'est le mercure très-divisé qui ne veut pas se réunir en gouttes ni passer à la pella, les gens du métier envisagent sa formation comme conséquence du *travail*, c'est-à-dire du triturage des parties mercurielles humides et salées. C'est pour éviter cet *excès de travail* que les amalgamateurs n'ajoutent du mercure qu'au fur et à mesure que celui-ci se combine avec l'argent. Ils évitent autant que possible de trop travailler le mercure qui se trouve *en excès*, car on croit que le mercure, une fois combiné avec l'argent, est préservé de cet effet nuisible du triturage. Qu'est-ce qu'on entend donc par l'*excès*

et 2 à 3 réaux le marc, supposant que l'argent est parfaitement fin, et retranchant de ce prix ce qui manque à la loi entière; tandis que la piña ou l'argent cru se vend à 8 piastres et 4, 6, 7 réaux, et rarement son prix s'élève à 9 piastres. On n'essaye presque jamais la piña.

de mercure, lorsque l'amalgamation est encore loin d'être terminée, et qu'il y a excès d'argent dans la liz?—Nous avons dit, que pendant qu'une partie d'argent se trouve déjà transformée en amalgame, il y a encore des grains d'argent natif qui restent dans la limaille enveloppés d'une couche mince d'amalgame, et qui demandent du temps pour se convertir entièrement en pella. Ces grains ne se mettent en contact qu'avec un certain nombre de particules de mercure qui les environnent, et tout le mercure qui est en dehors de ce contact, est en excès, et par conséquent exposé aux effets du triturage. Il est possible que ce qui rend difficile la réunion de ces particules de mercure extrêmement divisées, soit de l'oxyde qui doit se former à leur surface sous l'influence de la chaleur et de l'humidité (1). Il peut aussi se former un peu de sulfure de mercure par la trituration de ce métal avec des parties sulfureuses argentifères qui accompagnent l'amalgame natif. Enfin, une autre circonstance qui peut empêcher la réunion des particules, provient probablement d'une petite portion d'argent que le mercure retient, et bien que cette portion soit très-petite, elle doit diminuer la liquidité du mercure.

Quant au sel marin qu'on emploie dans l'amalgamation, il ne sert probablement qu'à augmenter la conductibilité électrique de l'eau. Ce n'est que le premier jour du travail qu'il se forme une petite quantité à peine notable de chlorure

(1) Dans quelques grammes de *liz blanche* que j'ai recueillis pendant le lavage, j'ai trouvé un cinquantième de mercure à l'état d'oxyde et point de chlorure.

d'argent. Dès qu'on ajoute du mercure, les particules d'argent les plus petites se transforment directement en amalgame; d'autres plus grandes s'en recouvrent et ne se ramollissent qu'à mesure que le mercure pénètre dans leur intérieur. En tout cas, la combinaison s'opère directement et selon toutes les probabilités en proportions définies. Des expériences faites par les gens du pays ont prouvé que le traitement des terres d'amalgamation s'opérait aussi bien sans sel qu'au moyen du sel; seulement dans ce dernier cas on terminait l'opération beaucoup plus vite.

On voit par conséquent que les seules précautions qu'on prenne pour éviter la perte de mercure, et qui, évidemment, tendent à la diminuer, consistent : 1° à éviter de mettre un excès de mercure au commencement de l'opération; 2° à ne pas *trop travailler* les dernières doses de mercure, surtout à ne pas soumettre à une longue trituration le *baño;* 3° à jeter dans le bassin de lavage une grande quantité de mercure pur; 4° à opérer le lavage avec le plus grand soin possible.

Perte réelle de mercure et d'argent. Il m'a été impossible de savoir au juste à combien s'élève la perte de mercure dans l'amalgamation des minerais d'Arqueros. Selon toutes les probabilités et l'aveu des gens du métier elle ne dépasse pas 4 onces par 1 marc d'argent. On a l'habitude de mélanger le *relavé* purifié par le mercure avec l'amalgame provenant du traitement des terres pour en faire des *piñas*, de sorte que la perte de mercure se trouve en partie compensée par le mercure natif qui provient du *relavé*. Le fait est que toutes les fois qu'on a à traiter des minerais

très-riches, on ne consomme presque pas de mercure, ou bien on en retire plus qu'on n'en emploie pour l'amalgamation des terres. Ainsi, supposant que le minerai contienne 2000 marcs au caisson d'amalgame natif; ces 2000 marcs contiennent environ 280 grammes de mercure natif. Or, il arrive ordinairement que plus des $\frac{4}{5}$ d'amalgame natif restent dans le relave et $\frac{1}{5}$ passe dans les terres. Les $\frac{4}{5}$ de relave retiennent après la distillation environ 3 p. 100 de mercure qui se perd dans la refonte; et par conséquent de 224 marcs de mercure qu'elles contiennent, on n'en extrait que 176. Maintenant, pour extraire l'argent de 400 marcs d'amalgame natif qui passent dans les *terres*, on consomme 174 marcs de mercure, en comptant 4 onces de perte par marc d'argent, et en supposant qu'en sus tout le mercure contenu dans ces 400 marcs d'amalgame natif soit perdu. Il en résulte que toutes les fois qu'on traite les minerais d'environ 2000 marcs au caisson, il ne doit coûter rien au propriétaire pour le mercure employé dans le traitement. En effet lorsqu'on traite des minerais dont la loi dépasse 2000 marcs d'argent au caisson, on retire à la fin de l'opération plus de mercure qu'on n'en emploie dans l'amalgamation.

Frais d'extraction dans les ateliers d'amalgamation de Coquimbo.

On évalue à cent piastres les frais d'extraction d'argent en barre d'un caisson de minerai brut, y compris le transport du minerai de la mine à l'atelier d'amalgamation et la mouture.

Examen de différents produits du traitement des minerais d'Arqueros.

Relave ou résidu de lavage qui reste dans le bassin du moulin. Ce résidu le mieux purifié possible m'a donné :

Argent.	0,8070
Mercure.	0,1305
Gangue barytique.	0,0450
Arséniate de cobalt et quelques traces de sulfures multiples. .	0,0175
	1,0000

Ordinairement ce résidu contient 7 à 8 p. 100 de matières étrangères.

Terres ou farines d'amalgamation.

La loi des terres qui ont été soumises au traitement décrit (page 285) était 0,0111, ce qui correspond à 142 marcs au caisson. L'essai a été pris immédiatement après le mélange du sel.

Les mêmes terres prises après 24 heures de trituration avec du sel et avant l'*incorporation* du mercure, ont été essayées après une digestion prolongée dans l'ammoniaque et m'ont donné pour loi, 0,0104, ce qui correspond à 137 marcs au caisson, et fait voir la formation lente et presque insensible du chlorure d'argent.

La loi moyenne des terres qu'on soumet au procédé d'amalgamation à Coquimbo est, à quelques exceptions près, de 120 à 130 marcs au caisson.

Boues qui proviennent du lavage de l'amalgame et qui sont jetées et emportent l'argent perdu pour les propriétaires de minerais.

Les boues provenant du traitement antérieur (page 285), c'est-à-dire des minerais qui contenaient 142 marcs au caisson, m'ont donné pour loi ;

0,00055 d'argent, 7 marcs au caisson.

D'autres boues provenant d'un autre cas de traitement contenaient :

0,0005 d'argent, 6,m4 au caisson.

C'est aussi la perte qu'on remarque dans le plus grand nombre de cas. Cependant il m'est arrivé de trouver cette perte montée jusqu'à 0,0015 dans les boues lorsque le minerai contenait des parties sulfureuses en proportion visible.

Quant au mercure qui se trouve emporté par les eaux à l'état d'une extrême division, il se dépose en grande partie dans les *liz* blanches qui tombent dans le second canal d'écoulement et près de l'endroit où ce canal débouche dans la première fosse. Une partie de ces *liz* est recueillie et ajoutée aux *corps* du traitement subséquent, mais la majeure partie se perd dans la fosse où elle se trouve très-irrégulièrement répartie dans la masse de boue qu'on jette.

Cependant il arrive que le propriétaire de l'atelier met de côté les boues qui lui paraissent plus riches et qu'il les soumet à un second lavage plus soigné, qui consiste à faire passer les eaux de lavage sur un plan très-peu incliné et couvert de peaux de mouton dont le poil est coupé court. Les particules d'amalgame et de mercure très-

divisés étant retenues dans leur passage à travers le poil de ces peaux nommées *maritalas*, se séparent facilement du sable. Le travail est long et à peine couvre les frais.

Résidus blancs, nommés liz blanches (lises blancas, p. 290).

Les *liz* blanches recueillies sur les peaux du second canal sont, comme je viens de dire, des particules d'amalgame sec et de mercure divisé qui échappent au lavage. On les voit mélangées de sable grossier de barytine. Elles sont ajoutées aux *corps* du traitement subséquent, ou bien traitées à part lorsqu'on les trouve mélangées de parties métalliques noirâtres de minerais sulfurés.

Des *liz* blanches provenant du traitement décrit (p. 285) m'ont donné :

Argent. .	0,0015	18 marcs au caisson.
Mercure.	0,0081	52 livres au caisson.

Les mêmes résidus blancs provenant d'un autre traitement et étant purifiés autant que possible dans un lavage soigné à l'augette, ont été traités d'abord par l'acide muriatique pur pour dissoudre le mercure qui ne s'y trouvait pas à l'état métallique. Une autre partie de résidu blanc a été traitée directement par l'acide nitrique, et on a examiné si dans ce qui restait d'inattaquable il y avait du chlorure d'argent, etc. ; on a trouvé que cette *liz blanche* contenait :

Mercure à l'état d'oxyde. .	0,0085
Argent métallique.	0,0131
Mercure métallique.	0,4874

Le reste était de la gangue, et il n'y avait pas de traces de plomb ni de chlore.

Résidus noirs (lises negras).

Ces résidus se forment lorsque le minerai se trouve chargé de parties sulfureuses. On les recueille comme les précédents sur les peaux du second canal.

Les résidus provenant de l'amalgamation des minerais chargés de cuivre panaché et de cuivre gris des travaux inférieurs *de la Descubridora*, m'ont donné pour loi plus de 100 marcs d'argent au caisson, tandis que le minerai brut en contenait 350 au caisson, de sorte que dans ce cas près du tiers d'argent avait échappé à l'action du mercure.

Argents bruts (piñas).

On distingue, comme je viens de dire, deux sortes de piña.

1. Piña de relave.
2. Piña de beneficio.

1) *Piña de relave.* C'est une agglomération de particules d'argent qui n'avaient pas passé par l'état d'amalgame artificiel et qui se désagrégent assez facilement dans les doigts. On reconnaît cette espèce d'argent brut par la couleur noirâtre du grain et sa faible cohésion. Sa pesanteur spécifique est 9,18. Elle contient ordinairement 5 à 6 pour cent de substances étrangères.

Comme cet argent est d'une densité beaucoup plus grande que celui qui provient de l'amalgamation, les *piñas de relave* pèsent souvent plus de 500 marcs, tandis que celles de l'amalgamation ne pèsent ordinairement que 50 à 60 marcs.

Voici la composition d'une piña de cette espèce que j'ai analysée :

Argent.	0,945
Résidu insoluble dans l'acide nitrique.	0,010
Mercure et quelques traces de cobalt, d'arsenic et de fer.	0,036
	1,000

2. *Piñas de beneficio.* L'argent brut qui provient de l'amalgamation est poreux, mais il ne se désagrége pas comme le précédent; il est aussi beaucoup plus blanc que celui-ci.

Sa pesanteur spécifique est de 6,58.

Ces piñas ont ordinairement 2 à 3 pour cent de substances étrangères et point de gangue.

La piña d'amalgamation qui provenait du même minerai que celle de relave dont je viens de donner l'analyse m'a donné :

Argent.	0,965
Mercure. . . .	0,035
	1,000

On voit que ces deux espèces d'argent brut ne diffèrent que par la quantité de gangue et de quelques traces de parties cobaltifères sulfurées qui adhèrent au grain du *relave* et qui restent dans la piña de la première espèce. Quant à la proportion de mercure, elle est toujours la même pour la même quantité d'argent pur. C'est un amalgame qui renferme environ 26 atomes d'argent pour 1 atome de mercure. Ce dernier atome ne s'en va que lorsque l'argent passe à l'état de fusion, ou lorsqu'on chauffe l'amalgame au rouge clair en vases ouverts.

Argent en barres.

L'argent en barres qui provient du traitement sans plomb est presque fin. Il ne contient pas de traces de cuivre ni d'or.

Les barres essayées m'ont donné pour loi :

0,993	11 din.	22 grains.
0,996	11	22 $\frac{4}{5}$
0,997	11	23 $\frac{1}{3}$

Ce qui manque à la loi totale est probablement du mercure. Les barres qui proviennent du traitement au plomb ont une loi inférieure qui descend quelquefois à 0,778 et au-dessous.

La scorie qui provient de la fusion des piñas de relave est d'un bleu de cobalt à cause du cobalt que renferme le relave. Cette scorie est remplie de globules d'argent fin ; on la concasse et on la broie dans le moulin lorsqu'on est à moudre les minerais riches de *rancho*.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites au laboratoire de Marseille pendant l'année 1840;

Par M. DIDAY, Ingénieur des mines.

1o *Houille de Collobrières* (Var).

Elle provient de travaux de recherche entrepris sur un petit lambeau de terrain houiller que l'on trouve dans le territoire de la commune de Collobrières, et dans lequel on n'a reconnu jusqu'à présent qu'une seule couche de $0^m,80$ à 1 mètre de puissance.

L'échantillon analysé a été pris à une distance de 20 mètres environ des affleurements. Il est très-friable, brûle avec une belle flamme et en se boursouflant beaucoup. Calciné en vase clos, il donne un coke bien agglutiné. Il est composé de la manière suivante :

Matières volatiles. .	0,280
Charbon.	0,630
Cendres.	0,090
	1,000

Les cendres contiennent :

Carbonate de chaux. . . .	0,067
Oxyde de fer.	0,155
Argile.	0,778
	1,000

Le pouvoir calorifique de cette houille est de

0,897; celui des matières volatiles est par conséquent de 0,267. Elle contient 0,0112 de pyrites.

2° *Lignites de Belcodène* (Bouches-du-Rhône).

	(1)	(2)
Matières volatiles	0,524	0,535
Charbon	0,452	0,265
Cendres	0,024	0,200
	1,000	1,000
Pouvoir calorifique	0,601	0,609
— — des matières volatiles	0,239	0,244
Composition des cendres.		
Carbonate de chaux	0,417	0,410
Oxyde de fer	0,333	0,490
Argile	0,250	0,100
	1,000	1,000

Ces deux échantillons de lignite proviennent du feuillet supérieur de la couche dite du *gros rocher*. Mais le premier représente le charbon non altéré, tandis que le second a été pris dans le voisinage d'une moulière : l'un est compacte, dur et d'un noir éclatant; l'autre est terreux, pulvérulent et d'un brun noirâtre. Déduction faite des cendres, et en ne tenant compte que de la partie combustible, on voit que ce dernier contient une bien plus forte proportion de matières volatiles.

Le n° (1) contient 0,016 de soufre, soit à l'état natif, soit à l'état de pyrites; le n° (2) n'en renferme que 0,009.

Chauffés de manière à chasser toute l'eau qu'ils

peuvent donner, et jusqu'au point où commence le dégagement des huiles, ils perdent, le premier 0,096, et le second 0,220.

Mais la plus grande différence entre ces deux charbons est celle que l'on remarque lorsqu'on les fait bouillir avec une dissolution faible de potasse. Le lignite non altéré ne perd presque rien de son poids, et la dissolution saturée par l'acide acétique ne donne qu'un précipité indosable. Le charbon de moulière se dissout, au contraire, presque complétement, en ne laissant pour résidu que la partie terreuse. La matière charbonneuse, dans ce lignite altéré, est donc entièrement passée à l'état d'ulmine.

Le précipité d'ulmine, desséché à une température un peu supérieure à 100°, pèse 0,393; ce qui correspond à 0,213 de carbone.

3° *Tourbe du Lauzanier* (Basses-Alpes).

Le vallon du Lauzanier, situé au nord-est de Barcelonnette, près de la frontière du Piémont, renferme plusieurs tourbières, dont quelques-unes ont été l'objet de tentatives d'exploitation. La tourbe est en couches peu étendues, et dont l'épaisseur ne dépasse pas 10 centimètres; elle est en général mêlée de beaucoup de terre. Un échantillon choisi et bien desséché a été trouvé composé de la manière suivante :

Matières volatiles.	0,580
Charbon.	0,090
Cendres.	0,330
	1,000

Son pouvoir calorifique est de 0,257.

Les cendres contiennent :

Carbonate et sulfate de chaux.	0,077
Oxyde de fer.	0,339
Sable et argile.	0,584
	1,000

Il est douteux que l'exploitation de cette tourbe puisse offrir de l'avantage.

4° *Gypse de Carquairanne* (Var).

Trois échantillons de gypse de Carquairanne ont été analysés dans le but de rechercher lequel serait le plus convenable pour les usages ordinaires. Ils ont tous été pris dans la même carrière, mais à des niveaux différents.

	(1)	(2)	(3)
Eau.	0,214	0,195	0,203
Oxyde de fer.	0,018	0,015	0,033
Argile.	0,053	0,061	0,077
Sulfate de chaux.	0,715	0,729	0,687
	1,000	1,000	1,000

On n'y a pas trouvé de traces de carbonate de chaux.

5° *Calcaires.*

A. *Calcaires des Camoins* (Bouches-du-Rhône). On exploite dans le terrain d'eau douce des Camoins, près de Marseille, un calcaire argileux, tendre et friable, qui a été employé, sous le nom de *craie*, dans plusieurs fabriques de soude. Les analyses ci-après ont été faites dans le but de reconnaître ceux de ces calcaires que leur pureté

pourrait permettre d'employer pour la préparation du blanc de Troyes.

On remarquera, en outre, que le n° (3) donnerait une bonne chaux hydraulique.

	(1)	(2)	(3)	(4)
Eau.	0,010	0,014	0,021	0,003
Oxyde de fer et argile. . . .	0,035	0,035	0,175	0,025
Carbonate de chaux.	0,955	0,951	0,804	0,972
	1,000	1,000	1,000	1,000

	(5)	(6)	(7)	(8)
Eau.	0,053	0,008	0,029	0,056
Oxyde de fer et argile. . . .	0,021	0,035	0,030	0,033
Carbonate de chaux.	0,926	0,957	0,941	0,911
	1,000	1,000	1,000	1,000

	(9)	(10)	(11)
Eau.	0,032	0,024	0,027
Argile et oxyde de fer.	0,041	0,053	0,044
Sable.	0,006	0,036	0,039
Carbonate de chaux.	0,921	0,887	0,890
	1,000	1,000	1,000

B. *Calcaires pris sur le tracé du canal de Marseille.* Tous ces calcaires ont été analysés

dans le but de rechercher si quelques-uns d'entre eux pourraient donner des chaux hydrauliques.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Eau.	0,082	0,055	0,060	0,085	0,075
Oxyde de fer. . . .	0,005	0,015	0,035	0,025	0,035
Argile.	0,075	0,335	0,390	0,410	0,375
Carbonate de chaux.	0,838	0,595	0,515	0,480	0,515
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	(6)	(7)	(8)	(9)
Eau.	0,040	0,024	0,025	0,005
Oxyde de fer.	0,025	0,025	0,030	0,025
Argile.	0,250	0,225	0,120	0,100
Carbonate de chaux.	0,685	0,726	0,825	0,870
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) *Calcaire pris auprès de la mine de lignite de Coudoux.* La petite quantité de bitume qu'il renferme lui donne un aspect très-argileux et lui avait fait attribuer des propriétés hydrauliques qu'il ne possède qu'à un faible degré.

(2) *Calcaire provenant de l'un des puits des Taillades.* Il donnerait une chaux éminemment hydraulique, et même un ciment naturel.

(3) *Calcaire du souterrain de Saint-Christophe.* La quantité d'argile qu'il contient est un peu trop forte pour qu'on puisse l'employer comme pierre à ciment.

(4) (5) (6) (7) *Calcaire de la tranchée dite* de

Gontard. Les nos (6) et (7) donneraient des chaux éminemment hydrauliques; les nos (4) et (5) seraient trop argileux pour pouvoir servir à cet usage.

(8) (9) *Calcaires de la carrière du pont de Velaux*. Ils donneraient des chaux faiblement hydrauliques.

C. *Calcaires des mines de Belcodène* (Bouches-du-Rhône).

	(1)	(2)	(3)	(4)
Eau et matières bitumineuses.	0,075	0,010	0,035	0,041
Pyrite.	0,055	0,007	0,004	0,004
Oxyde de fer.	0,039	0,061	»	0,005
Carbonate de chaux.	0,518	0,807	0,957	0,938
Carbonate de magnésie. . .	0,093	»	»	»
Argile.	0,220	0,115	0,004	0,012
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) *Calcaire formant le banc intercalé entre les deux feuillets de la couche dite* du Gros-Rocher. L'échantillon analysé est noir; grillé, il brûle avec flamme, et devient d'un blanc jaunâtre.

(2) *Calcaire du même banc pris dans une moulière*. La matière bitumineuse a complétement disparu, ainsi que le carbonate de magnésie, probablement entraîné à l'état de sulfate. On remarque aussi une diminution considérable dans la teneur en pyrite.

(3) *Calcaire provenant de l'un des bancs de*

la couche dite de Quatre-Pans. Il est d'un blanc grisâtre; il ne renferme ni oxyde de fer ni carbonate de magnésie.

(4) *Calcaire du même banc pris dans une moulière.* Il ne diffère du précédent que par la disparition complète de la matière bitumineuse et la présence d'une petite quantité d'oxyde de fer. Peut-être cet oxyde provient-il de la décomposition de pyrites, qui alors auraient été primitivement en plus forte proportion dans cet échantillon que dans celui n° (3).

D. *Dolomie de Digne* (Basses-Alpes). Cette dolomie, que l'on trouve dans les plâtrières de Digne et dans la plupart de celles du terrain jurassique, présente un aspect bien différent de celui des dolomies contenues dans les calcaires jurassiques ou crétacés de la Provence. Elle se divise en feuillets dont l'épaisseur atteint à peine 1 centimètre, et dont les surfaces paraissent quelquefois enduites d'une matière verdâtre assez semblable au talc. Sa densité est considérable, mais elle se brise très-facilement.

Elle contient :

Eau.	0,054
Oxyde de fer.	0,025
Carbonate de chaux. . . .	0,321
Carbonate de magnésie. .	0,260
Argile.	0,340
	1,000

Les deux carbonates y sont donc dans la proportion d'un atome de l'un pour un atome de l'autre.

6° *Grès.*

	(1)	(2)
Eau	0,025	0,014
Sable	0,788	0,410
Oxyde de fer	0,038	0,040
Carbonate de chaux	»	0,536
Argile ou silice. Silice	0,106	»
Argile ou silice. Alumine	0,043	»
	1,000	1,000

(1) *Grès des environs d'Apt* (Vaucluse). Il appartient à l'étage des sables qui forment la base du second terrain d'eau douce de Provence. On l'emploie à l'usine de Velleron, en le mêlant avec 1/6 d'argile de Bédoin, pour faire un pisé qui sert à construire l'intérieur du cubilot et le creuset du haut-fourneau.

(2) *Grès calcaire intercalé dans le terrain à lignite de Manosque* (Basses-Alpes).

7° *Terres végétales.*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sable.	0,316	0,200	0,129	0,280	0,040
Argile.	0,274	0,330	0,396	0,150	0,525
Oxyde de fer. . . .	0,060	0,065	0,070	0,040	0,025
Carbonate de chaux.	0,303	0,330	0,278	0,446	0,372
Humus et eau. . . .	0,047	0,075	0,127	0,084	0,038
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Sable.	0,192	0,327	0,025	0,230	0,252
Argile.	0,298	0,092	0,525	0,320	0,628
Oxyde de fer. . . .	0,036	0,041	0,035	0,025	0,025
Carbonate de chaux.	0,411	0,518	0,346	0,283	0,084
Humus et eau. . . .	0,063	0,022	0,069	0,142	0,011
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Sable.	0,535	0,255	0,125	0,272	0,500
Argile.	0,305	0,515	0,315	0,608	0,405
Oxyde de fer. . . .	0,030	0,040	0,065	0,075	0,055
Carbonate de chaux.	0,102	0,113	0,392	0,024	0,021
Humus et eau. . .	0,028	0,077	0,103	0,021	0,019
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) (2) (3) *Terres du domaine de Charambon*, commune de Noves (Bouches-du-Rhône).

(1) *Terre du jardin situé devant la maison d'habitation.*

(2) *Terre prise au fond du canal d'irrigation.* Elle est d'un gris cendré, et contient beaucoup de petites racines.

(3) *Terre des Paluds de Noves.* Elle est d'un brun noirâtre, et donne une forte odeur d'hydrogène sulfuré lorsqu'on la traite par un acide. Elle contient une trace de muriate de chaux, comme la terre des Paluds du Thor (Vaucluse), qui est la véritable terre à garance; mais elle en diffère notablement par le reste de la composition, ainsi que de celle des Paluds d'Orange, où la garance est aussi cultivée. Les deux terres à garance de Vaucluse sont beaucoup plus riches en carbonate de chaux, et ne contiennent que 1 ou 1 1/2 pour cent de sable.

(4) (5) (6) (7) (8) *Terres de Sainte-Tulle* (Basses-Alpes).

(4) *Terre prise au quartier de Repentance, sur le terrain tertiaire supérieur* (*alluvions anciennes*). Elle est d'une couleur rougeâtre. On y cultive les céréales et l'amandier qui donnent des produits médiocres.

(5) *Terre prise au quartier de la Burlière.* Couleur d'ocre. Même position géologique et même culture que la précédente. Produits meilleurs.

(6) *Terre prise au quartier du Plan, sur les alluvions modernes de la Durance.* Elle donne d'assez bons produits en céréales et plantes fourragères.

(7) *Terre prise au quartier d'Antermes, sur le terrain de molasse.* Employée comme absorbant dans le compost des engrais, elle produit en

abondance des céréales et des plantes fourragères, mais exige beaucoup d'engrais.

(8) *Terre prise au quartier de Suriane, sur les alluvions modernes de la Durance.* Très-fertile en céréales et plantes fourragères.

(9) *Terre du château de Menpenti, près de Marseille.* Elle contient des débris de bois et de charbon qui lui donnent une couleur noirâtre. Elle n'est pas cultivée.

(10) (11) (12) (13) (14) (15) *Terres de Sainte-Eulalie, près d'Hyères* (Var), *prises sur un terrain de transition formé de grès et de schistes micacés.* On y cultive les céréales et les oliviers. Les plantes fourragères n'y prospèrent pas.

8° *Minerais de fer.* — A. *Hydrates aluminifères.*

	(1)	(2)	(3)	(4)
Eau	0,217	0,150	0,115	0,090
Carbonate de chaux	»	0,291	»	»
Alumine	0,268	0,185	0,140	0,020
Peroxyde de fer	0,260	0,114	0,515	0,600
Argile	0,255	0,260	0,230	0,290
	1,000	1,000	1,000	1,000
Richesse en fer	0,179	0,079	0,355	0,414

(1) *Minerai des Baux* (Bouches-du-Rhône). Il appartient, comme celui dont l'analyse a été donnée l'année dernière, à la formation néocomienne; mais il en diffère, sous le rapport minéralogique, en ce qu'il est uniquement composé

de grains qui paraissent soudés les uns aux autres sans ciment visible, et qui se désagrégent très-facilement.

(2) *Autre minerai de la même localité.* Assez semblable au précédent; seulement il contient entre les grains une assez forte proportion de chaux carbonatée lamelleuse.

(3) *Minerai de Fontvieille* (Bouches-du-Rhône). Il appartient à la même formation que les précédents; mais la structure granuleuse y est moins apparente; son aspect se rapproche plutôt de celui d'une hématite brune.

(4) *Minerai du Pas de Peiruy* (Var), *dans le même terrain que ceux des Baux et de Fontvieille.* Il est en masses compactes, rarement oolithiques. Le gisement ne paraît pas être très-abondant.

C. *Carbonates.*

	(1)	(2)
Eau et matières charbonneuses.*	0,074	0,048
Peroxyde de fer	0,040	»
Carbonate de fer	0,646	0,712
— de manganèse	0,048	0,007
— de chaux	0,046	0,018
— de magnésie	0,079	»
Argile	0,067	0,205
	1,000	0,990
Richesse en fer	0,331	0,334

(1) *Minerai de Saint-Geniez-de-Dromont*

(Basses-Alpes). C'est un fer spathique, en partie décomposé à la surface, qui accompagne le gisement d'anthracite de Saint-Geniez. Ces deux substances forment une couche régulière intercalée dans le terrain du lias.

(2) *Minerai de Collobrières* (Var). Il constitue un petit nerf d'une épaisseur de $0^m,5$ à $0^m,10$, qui divise la couche de houille de Collobrières en deux parties presque égales. Il est d'un gris clair, compacte et très-dur.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites au laboratoire d'Angers pendant l'année 1840;

Par MM. SENTIS et LECHATELIER, Ingénieurs des mines.

1° *Essai de la houille extraite d'un puits de recherches ouvert à* 150 *mètres de la Guignardière, commune de Ligné, arrondissement d'Ancenis* (*Loire-Inférieure*). (M. Sentis.)

Cette houille provient de recherches exécutées en 1840, en dehors des limites de la concession des Touches, sur une couche de 0m,50 de puissance à la surface, et de 1 mètre à la profondeur de 7 mètres. L'analyse a été faite sur un des échantillons les plus purs pris à 7 mètres de profondeur. La houille est terreuse; par la calcination elle ne change pas de forme, mais elle prend une teinte d'un gris de fer. Les cendres sont légèrement calcaires, faiblement colorées par l'oxyde de fer.

Composition :

Coke.	58,5
Cendres.	10,5
Matières volatiles. . . .	31,0
	100,0

2° *Essai de la houille extraite d'un puits de recherches au nord de Plogoff, cap Sziain* (*Finistère*). (M. Sentis.)

La couche inclinant au nord forme, à 11m,50 de

profondeur, une amande d'environ $0^m,50$ de puissance. La houille est d'un noir de velours; elle a un éclat résineux; elle est tendre et fragile. Sa cassure est conchoïde, très-brillante; les fragments ont une forme à peu près cubique. Elle brûle facilement avec flamme. Par la calcination, elle se fond et donne un coke boursouflé d'un éclat argentin. Les cendres sont légèrement rougeâtres. La densité varie de 1,27 à 1,29.

Composition :

Coke.	63
Cendres.	12
Matières volatiles. .	25
	100

Un gramme a donné, avec 40 gr. de litharge, 30,75 gr. de plomb.

3° *Essai de diverses variétés de houille exploitées dans le département de Maine-et-Loire.* (M. Lechatelier.)

Le terrain houiller de la Basse-Loire, qui se développe dans les départements de Maine-et-Loire et de la Loire-Inférieure, appartient à la zône supérieure des terrains de transition, dont il forme la partie anthraxifère. L'âge de ce terrain carbonifère est déterminé par ses relations avec les terrains qui l'avoisinent; mais ce serait une erreur de croire que le combustible qu'il renferme soit pour cela de l'anthracite, comme on le suppose généralement. On exploite dans la Loire-Inférieure de la houille grasse très-propre à la forge et à la fabrication du coke. Dans le département de Maine-et-Loire les charbons qu'on extrait

sont plus ou moins maigres ; mais un petit nombre d'entre eux seulement se rapprochent tout à fait, par leur sécheresse, des anthracites. L'analyse immédiate de seize variétés qui sont exploitées a donné les résultats consignés dans les tableaux suivants. Ces recherches n'ayant pour but que de faire connaître la nature du combustible, on a choisi les échantillons les moins mélangés de matières terreuses, mais représentant cependant la composition moyenne des couches.

NOMS DES CONCESSIONS.	Layon et Loire.					Montjean.		
NOMS DES PUITS ET Nos D'ORDRE.	Puits Sainte-Barbe.		Puits du Bocage.	Puits des Barres.	Puits de l'Ouest.	Puits Saint-Nicolas.		Puits de Beausoleil.
	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.	n° 6.	n° 7.	n° 8.
Composition.								
Cendres.	3,79	4,41	4,41	16,37	12,08	10,72	3,90	6,78
Coke.	80,21	77,59	82,39	67,03	69,92	65,88	73,76	74,02
Matières volatiles.	17,00	18,00	13,20	16,60	18,00	23,40	22,34	19,20
Total.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Plomb par la litharge (1 gr.).	gr. 30,55	29,30	31,53	27,86	23,53	26,79	29,45	28,98
Composition, abstraction faite des cendres.								
Coke.	82,51	81,17	86,19	80,15	79,53	73,79	76,75	79,40
Matières volatiles.	17,49	18,83	13,85	19,85	20,47	26,21	23,25	20,60
Total.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

NOMS DES CONCESSIONS.	St-Georges-sur-Loire.	Chaudefonds.		Saint-Georges-Chatelaison.				Recherches de Doué.
NOMS DES PUITS ET Nos D'ORDRE.	Puits de l'Arche.	Puits de Ste-Barbe.	Puits St-Nicolas.	Puits de la Conception.		Puits Adèle.	Puits du Pavé.	Puits de Minières.
	n° 9.	n° 10.	n° 11.	n° 12.	n° 13.	n° 14.	n° 15.	n° 16.
Composition.								
Cendres.	8,73	16,43	16,62	11,69	11,20	9,61	3,50	6,92
Coke.	63,40	73,57	71,78	72,71	65,00	80,99	78,10	65,28
Matières volatiles.	27,87	10,00	11,60	15,60	23,80	9,40	18,40	27,80
Total.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Plomb par la litharge (1 gr.).	gr. 28,37	27,86	28,39	28,37	26,59	30,75	21,17	26,47
Composition, abstraction faite des cendres.								
Coke.	69,46	83,03	86,09	82,34	73,19	89,60	80,95	70,13
Matières volatiles.	30,54	16,97	13,91	17,66	26,81	10,04	19,05	29,87
Total. . . .	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Concession de Layon et Loire.— N° 1. *Petite veine Goismard ou du Roc.* Houille brillante, en fragments prismatiques, entremêlée de nerfs ou parties terreuses; poussière noire. Coke aggloméré, peu boursouflé, d'un gris métallique. Cendres blanches avec parties rouges, non effervescentes.

N° 2. *Grande veine Goismard ou du Roc.* Houille pulvérulente, un peu terne; poussière noire. Coke peu boursouflé, très-solide. Cendres grises, non effervescentes.

Ces deux couches, séparées seulement par une couche de schiste peu puissante, sont intercalées dans un système de couches de grès feldspathique, très-connu sous le nom de *pierre carrée*. Cette houille est vendue en partie pour la forge.

N° 3. *Couches du Bocage.* Ces couches forment la principale ressource de la mine de Layon et Loire; elles sont très-irrégulières; leur puissance va quelquefois jusqu'à 10 mètres. On distingue deux couches, celle du nord et celle du sud; mais souvent elles se ramifient en branches qui, plus loin, viennent se réunir; quelquefois l'une des deux couches principales disparaît. La houille s'abat en fragments irréguliers à surfaces fortement striées; poussière noire. Coke peu boursouflé, déformé. Cendres grises, non effervescentes. Le grisou est très-abondant dans ces couches; on ne peut travailler qu'avec la lampe de Davy

N° 4. *Couche de Bel-Air.* L'échantillon provient d'un puits de recherches ouvert sur une couche qui n'a jamais été exploitée d'une ma-

nière suivie. Houille pulvérulente, terne. Coke peu déformé, non aggloméré. Cendres rougeâtres, très-effervescentes.

N° 5. *Puits de l'Ouest.* Couches intercalées dans la pierre carrée, formant le prolongement des couches Goismard ou du Roc. Houille menue, terne. Coke boursouflé, très-déformé. Cendres blanches, non effervescentes.

Concession de Montjean. On exploite par un seul puits, celui de Saint-Nicolas, quatre couches irrégulières, présentant seulement çà et là quelques amandes exploitables.

N° 6. *Couche n° 1.* Houille grasse brillante, pulvérulente; poussière légèrement brune. Coke boursouflé. Cendres blanches, légèrement effervescentes.

N° 7. *Couche n° 4.* Houille pulvérulente, grasse; poussière légèrement brune. Coke boursouflé. Cendres rougeâtres, effervescentes. Cette couche a pour toit des couches de pierre carrée.

N° 8. Houille extraite des recherches du puits Beausoleil abandonné, pulvérulente, maigre; poussière légèrement brune. Coke aggloméré, un peu boursouflé. Cendres grises, effervescentes.

Concession de Saint-Georges-sur-Loire. — N° 9. *Puits de l'Arche.* Près de la limite nord du terrain houiller, à Layon et Loire, Saint-Georges-sur-Loire et Saint-Germain-des-Prés, sur une étendue de plusieurs lieues, on n'a jamais trouvé que des veinules non exploitables d'une houille très-grasse, dont cet échantillon forme le type. Houille en fragments prismatiques; plaquettes de chaux carbonatée et de pyrite de fer

dans les fissures; poussière brune. Coke boursouflé.

Concession de Chaudefonds. — N° 10. *Puits Sainte-Barbe*, à la limite sud du terrain houiller. Houille anthraciteuse d'un éclat gris, pulvérulente. Coke non déformé. Cendres blanches, non effervescentes.

N° 11. Semblable à la précédente. Elle a été exploitée près de Saint-Lambert, dans un étranglement du terrain houiller. Tous les travaux de cette mine sont abandonnés.

Concession de Saint-Georges-Chatelaison. — N° 12. *Petite veine.* Houille dure, en fragments rhomboïdaux; poussière noire. Coke aggloméré, peu déformé, d'un gris métallique. Cette couche, très-régulière, n'a que 0m,60 de puissance; elle est divisée en deux parties par une couche de grès de 0m,20.

N° 13. *Grande veine du Nord.* Houille pulvérulente, à texture contournée, brune. Coke aggloméré, assez boursouflé. Cendres grises, légèrement effervescentes.

N° 14. *Veine du puits Adèle.* Houille pulvérulente; poussière noire, ne se déforme pas par la calcination. Cendres blanches, non effervescentes.

N° 15. *Puits du Pavé.* Houille en gros fragments, d'un noir brillant, décrépitant au feu. Coke non déformé, gris. Cendres blanches.

Recherches de Doué. — N° 16. *Couche de minières*, à la limite du nord du terrain houiller. Houille grasse, en fragments prismatiques, entre-

mêlés de nerfs ou parties terreuses; poussière brune. Coke boursouflé. Cendres blanches, non effervescentes. Plaquettes de pyrite de fer dans les fissures.

4° Castine de Lameilleraye (Deux-Sèvres).
(M. Lechatelier.)

Cette castine, employée dans le haut-fourneau de Lameilleraye, appartient aux couches supérieures du lias. Elle renferme un grand nombre d'ammonites remplacées par le calcaire terreux, qui forme la masse de la couche. On a choisi pour l'analyse des fragments d'ammonites; pour y rechercher l'acide phosphorique, on a pris 20 gr., qui ont été attaqués par l'acide nitrique faible. Par un léger excès d'ammoniaque on a précipité une petite quantité de peroxyde de fer qui a entraîné tout l'acide phosphorique, que l'on a isolé ensuite à l'état de phosphate de chaux.

On a obtenu pour sa composition :

Carbonate de chaux.	0,816
Argile.	0,150
Eau.	0,032
Acide phosphorique. . . .	0,002
	1,000

Il y avait lieu d'essayer si la qualité de la fonte ne serait pas améliorée par l'emploi d'une autre castine exempte de fossiles, et si la masse non fossilifère est moins chargée d'acide phosphorique. Cette recherche sera faite plus tard.

Ce calcaire donnerait probablement une bonne chaux hydraulique.

5° *Minerai de fer de Viennay, arrondissement de Parthenay (Deux-Sèvres).* (M. Lechatelier.)

Ce minerai est fondu à l'usine de Lameilleraye, où il passe pour être de mauvaise qualité et pour donner du fer tendre ; on ne le passe qu'en petite quantité dans les charges. C'est un fer oxydé hydraté en roche d'un brun rouge, dispersé en blocs à la surface du terrain de transition ancien. Il renferme une assez forte proportion d'acide phosphorique.

L'analyse a donné :

Peroxyde de fer. . .	0,548
Alumine soluble. . .	0,038
Acide phosphorique.	0,004
Eau.	0,088
Gangue quartzeuse.	0,312
	0,990

Les autres minerais fondus à l'usine étant de très-bonne qualité, il détériore notablement la qualité du fer. On travaille ordinairement en fer demi-fort.

6° *Minerais de fer de la Pacaudière et de Cremillé, communes de l'Houmois et de Saint-Loup, arrondissement de Parthenay (Deux-Sèvres).* (M. Lechatelier.)

Le premier est un fer oxydé hydraté en grains arrondis de forme assez irrégulière ; le second un grès ferrugineux à grains de quartz et à ciment de fer oxydé hydraté. Ces minerais appartiennent à la formation tertiaire. Ils sont réputés de très-bonne qualité. Ils sont débourbés sur la mine et lavés à l'usine.

Composition :

	N° 1.		N° 2.
Peroxyde de fer. . . .	0,574		0,522
Alumine.	0,040		»
Eau.	0,128		0,089
Argile.	0,272	quartz	0,388
	1,014		0,999

7° *Minerai de fer des environs de Bourbon-Vendée* (*Vendée*). (M. Lechatelier.)

En quittant Bourbon-Vendée, entre la rivière de l'Yon et la route royale de Saumur à Bourbon-Vendée, on observe presqu'à fleur de terre un énorme banc de minerai de fer oxydé hydraté, dont l'épaisseur atteint 2 mètres sur les points reconnus, et qui recouvre plusieurs lieues carrées de pays. Il forme une couche horizontale séparée en deux parties par une petite bande de granite. Ce banc de minerai est en relation intime avec un minerai semblable exploité anciennement au village de la Verrière, et que l'on voit nettement se rattacher aux couches du terrain de transition ancien (schistes micacés et talqueux), avec les couches duquel il alterne; mais il n'a pas été affecté comme lui par l'apparition des roches granitiques qui sillonnent la contrée : son origine doit être, selon toutes les apparences, rapportée à une immense sécrétion postérieure à l'apparition des granites, mais en relation avec elle. De part et d'autre de la bande granitique, le minerai présente les mêmes caractères minéralogiques : c'est un minerai de fer hydraté compacte divisé par des fissures horizontales dont les parois sont souvent tapissées de manganèse oxydé; dans la cas-

sure il est d'un brun clair, quelquefois satiné. Dans la masse on trouve disséminés des fragments de quartz. Ce minerai a été, à l'époque des forges à bras, l'objet d'une exploitation importante : récemment il a été l'objet de quelques essais, dans un petit haut-fourneau au bois établi à Bourbon-Vendée. Pour pouvoir prendre une idée générale sur la nature de ce minerai, on a analysé un mélange d'échantillons recueillis de part et d'autre de la bande granitique aux Chauvières, et à l'Épondrière, dans les points où l'on observe encore des traces d'exploitation. On y a trouvé une forte proportion d'acide phosphorique. Pour compléter cette recherche, on examinera plus tard les minerais recueillis sur différents points du gîte.

L'analyse a donné :

Peroxyde de fer	0,708	
Acide phosphorique	0,016	
Eau	0,122	
Manganèse oxydé, Magnésie, Alumine	»	traces.
Silice gélatineuse	0,020	
Argile et quartz	0,114	
Chaux et perte	0,020	
	1,000	

Teneur en fer 49 p. o/o.

Si ce minerai était moins phosphoreux, il pourrait, à raison de sa grande richesse et de sa facile exploitation, être traité dès à présent à Luçon avec les houilles du bassin de Vouvent; il est même possible que dans cet état il puisse donner une bonne fonte de moulage; c'est ce qu'une expérience en grand pourrait seule apprendre.

8° Recherche du phosphore dans la fonte obtenue au bois des minerais précédents. (M. Lechatelier.)

Il y a quelques années un habitant de Bourbon-Vendée, M. Pivard, a entrepris de fondre au charbon de bois ces minerais pour la fabrication de la fonte de moulage. Les essais ont été faits dans un petit haut-fourneau de 4 à 5 mètres de hauteur seulement : la fonte moulée en boîtes de roue paraissait d'un bon usage ; elle était grise, à grains fins, se limait facilement. L'échantillon analysé provient des minerais de la Termelière : il était légèrement truité ; cependant la fonte, quoiqu'un peu rude, se limait et se forait assez facilement, et elle prenait un beau poli. En opérant sur 5 grammes, on a trouvé 0,40 gr. de phosphate de chaux exempts de carbonate ; ce qui porte la proportion de phosphore à 0,019. En dissolvant la fonte dans l'acide muriatique, on obtient de l'hydrogène sulfuré en quantité sensible. (Cette analyse faite comme vérification de la précédente ne correspond pas à des minerais pris exactement dans la même localité.)

9° Laitier du haut-fourneau de Trédion (Morbihan). (M. Sentis.)

Ce laitier est bien fondu ; il est grisâtre, transparent dans les éclats minces ; il renferme des grenailles de fonte en assez grande quantité : on en a enlevé la plus grande partie au moyen du barreau aimanté. Il s'attaque par l'acide muriatique en dégageant un peu d'hydrogène sulfuré.

Il contient :

Silice.	0,525	
Alumine.	0,158	
Chaux.	0,232	
Protoxyde de fer. .	0,040	provenant en partie des grenailles de fonte.
	0,955	

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire d'Alais pendant l'année 1840;

Par M. VARIN, Ingénieur des mines.

Ayant eu l'occasion de réunir une collection à peu près complète des houilles des couches exploitées ou connues dans l'arrondissement d'Alais, j'ai pensé que des essais comparatifs auraient de l'intérêt; et, aidé de M. Constantin Czergkouvski, garde-mine, que j'ai trouvé fort au courant de ce genre de travail, j'ai commencé une série d'expériences dont les résultats sont consignés dans le tableau ci-après.

Quinze variétés de houille et deux de lignite du bassin de Bagnols ont été essayées de la manière suivante.

A. *Choix des échantillons.* Presque tous ont été détachés par petits fragments, et à l'aide d'une pointe d'acier, d'échantillons de 3 à 4 décimètres cubes, en ayant soin d'opérer le détachement perpendiculairement au plan de stratification, de manière à avoir une moyenne sur l'épaisseur de l'échantillon principal.

B. *Dosage des matières volatiles.* L'essai a toujours eu lieu sur 2 grammes grossièrement pulvérisés, renfermés dans un petit creuset de platine fermé avec son couvercle et introduit sous la moufle d'un fourneau de coupelle. La calcination était arrêtée lorsqu'il ne se dégageait plus de gaz carbonés, et qu'une flamme presque insensible montrait le dégagement prêt à s'arrêter. Le creuset était pesé chaud, et il était tenu note de l'état du coke.

C. *Les cendres* ont été dosées au moyen de deux grammes placés dans une capsule de platine ou d'argent, chauffés sous le moufle jusqu'à complète destruction de la partie charbonneuse.

Enfin, quelques variétés ont été essayées, sous le rapport du pouvoir échauffant, au moyen de la litharge. Les essais avaient lieu sur 1 gr. porphyrisé mêlé avec 50 gr. litharge. Le culot de plomb était pesé.

Tableau des essais.

DÉSIGNATION DES HOUILLES ESSAYÉES.	RÉSULTATS NUMÉRIQUES.			
	Charbon.	Matières volatiles.	Cendres.	Plomb avec litharge.
Concession de la Grand-Combe.				
1. Couche Fournier.	0,760	0,160	0,080	24,50 24,83
2. Couche du Plomb.	0,700	0,170	0,130	»
3. Couche de la Barraque, banc supérieur.	0,805	0,145	0,050	»
4. Grande couche d'Abilon.	0,810	0,140	0,050	»
5. Couche du Velours, banc supérieur.	0,750	0,140	0,110	»
6. Couche du Bosquet, banc supérieur.	0,740	0,200	0,060	»
7. Couche Rotschild, portail supérieur.	0,735	0,165	0,100	»
Concession de Trescol.				
8. Couche de la Levade, banc inférieur.	0,770	0,180	0,050	28,82
9. Couche des Trois-Mâchoires. . . .	0,775	0,180	0,045	»
10. Couche de Cinq-Pans, banc inférieur.	0,780	0,195	0,025	»
Concession de Partes.				
11. Couche de la Taranière, banc supérieur.	0,650	0,185	0,165	27,40
12. Couche de la Rouvière, banc supérieur.	0,785	0,140	0,075	»
Concession de Bessége.				
13. Grande couche.	0,675	0,205	0,120	27,30
Concession de Champclauzon.				
14. Couche de Champclauzon.	0,795	0,130	0,075	28,29
Concession de Saint-Jean-de-Valeriscle.				
15. Couche de la Remise.	0,720	0,090	0,190	»
16. *Lignite.*—Concession de Saint-Paulet. — Pont-Saint-Esprit. . .	0,365	0,510	0,125	15,27
17. *Lignite.* — Concession de Connaux. — Couche de la Minette. .	0,350	0,510	0,140	»

Observations générales sur les houilles essayées.

Toutes ces houilles provenant du même bassin ne peuvent différer beaucoup dans les caractères physiques : aussi elles sont le plus souvent noires ; leur poussière est noire ou brune foncée ; leur structure lamelleuse. Elles brûlent toutes avec flamme. Plusieurs sont accompagnées de pyrites. Toutes les houilles de la concession de la Grand-Combe et celles de Bessége servent à la fabrication du coke. Les houilles de Trescol se distinguent par leur pureté, par leur nature collante et propre à faire du coke. Jusqu'à présent ces houilles sont peu exploitées.

Considérations particulières.

(4) *Grande couche d'Abilon.* Laisse des cendres d'une blancheur éclatante, soyeuses.

(6) *Couche du Bosquet.* Inflammation spontanée; gonflement considérable; grande fumée; cendres rougeâtres de peu de volume, provenant des pyrites dont cette houille paraît empreintes; aussi elle se délite facilement à l'air.

(7) *Couche Rotschild du portail supérieur.* Inflammation vive; gonflement considérable; beaucoup de fumée; explosion au creuset.

(9) *Couche des Trois-Mâchoires.* L'inflammation se fait difficilement, mais le charbon gonfle considérablement et éclate au moment de prendre feu.

(10) *Couche de Cinq-Pans.* Collante; gonfle beaucoup; répand une fumée abondante.

(13) *Bessége n° 1. Long.* Inflammation spontanée; gonflement considérable, accompagné d'explosions; cendres jaunâtres.

(14) *Champclauzon.* Inflammation lente; point d'augmentation de volume.

(15) *Couche de la Remise.* Non collante; difficile à enflammer; point de coke; ne produit que des graisses qui ne s'agglutinent pas.

Observations sur les lignites.

(16) *Lignite de Saint-Paulet.* Couleur noir-brun; poussière brune; cassure argileuse. Le résidu de la calcination est le charbon en poudre, assez pur; cendre blanche.

(17) *Lignite de Connaux. — Couche de la Minette.* Mêmes caractères physiques et même résidu. Ce lignite est pyriteux; la cendre est rougeâtre.

Mon collègue de l'Hérault, M. Garella, m'avait fait remettre un échantillon de pyrite d'Occhianato, près de l'île Rousse (Corse), en me priant de l'essayer pour or. Elle l'a été de la manière suivante :

20 gr. pulvérisés ont été fondus dans un creuset
avec 40 gr. de nitre
et 200 gr. de litharge.

Le culot, qui n'a pu être recueilli sans perte parce que le creuset s'est percé, pesait environ 3 gr. Il a été coupellé et a produit un petit bouton d'argent qui n'a pu être pesé. Il a été aplati, puis traité par une goutte d'acide nitrique où il s'est dissous sans résidu.

Cet essai préliminaire n'indiquant pas la pré-

sence de l'or, je m'y suis pris de manière à opérer sur environ 100 gr. de la manière suivante.

La pyrite pulvérisée a été étendue sur la sole de la moufle du fourneau de coupelle, et grillée pendant plusieurs heures.

L'oxyde de fer provenant de cette opération a été tourné avec un peu de mercure, et lavé peu à peu de manière à entraîner l'oxyde dans un grand état de division. Le mercure réuni a été distillé dans une petite boule de verre, et n'a laissé qu'une tache excessivement légère. On a dirigé le dard du chalumeau sur l'extérieur du verre à l'endroit de la tache, et elle a disparu entièrement. Je l'attribue à une trace de plomb qui se trouvait dans le mercure.

Une autre pyrite de la commune de Saint-André-de-Lancize (Lozère) a été essayée par ce procédé. Comme j'ai employé le mercure distillé provenant de l'opération qui précède, il n'est resté dans la boule de verre absolument aucun résidu.

Ces deux pyrites ne sont donc aurifères ni l'une ni l'autre.

RECHERCHES

Sur l'écoulement de la vapeur, faites pour déterminer les dimensions à donner aux orifices des soupapes de sûreté des chaudières à vapeur.

Par M. TRÉMERY, Ingénieur en chef, Directeur des mines.

Les dimensions des orifices des soupapes de sûreté des chaudières à vapeur dépendent, comme on sait, de plusieurs circonstances; principalement de la tension de la vapeur, des surfaces de chauffe des chaudières et de la conduite du feu. Mais, pour une même chaudière, sous laquelle on entretient constamment un bon feu, quelle est la relation qui existe entre la tension de la vapeur et la surface de l'orifice de sortie, pour qu'il y ait égalité entre la quantité de vapeur produite dans un certain temps, et la quantité de vapeur qui s'écoule, par cet orifice, pendant le même temps? Faute de données positives à cet égard, on était dans l'impossibilité de prescrire aucune règle, pour déterminer les dimensions des soupapes de sûreté, et on avait laissé ces dimensions à l'arbitraire des fabricants.

L'administration, pour remplir cette lacune dans ses prescriptions, a demandé à la commission des machines à vapeur, de faire des expériences spéciales, dirigées de manière à fournir directement, et avec toute l'exactitude possible, les données dont on manquait encore. Sous la direction et avec le concours de cette commis-

sion, j'ai fait ces expériences sur une des chaudières à vapeur de l'usine de Chaillot, et les résultats auxquels je suis parvenu ont servi de base à l'instruction ministérielle du 23 juillet 1832, sur les règles à suivre pour déterminer les diamètres à donner aux orifices des soupapes de sûreté.

La chaudière qui a été mise à ma disposition avait deux tubes bouilleurs, et elle présentait une surface de chauffe de 5 mètres carrés. J'ai fait adapter à cette chaudière un appareil faisant l'office d'un très-gros robinet, mais disposé de manière à laisser échapper la vapeur par une ouverture, de figure rectangulaire, pratiquée en mince paroi. Cette ouverture, dont on pouvait augmenter ou diminuer la grandeur, a servi à former autant d'orifices différents qu'il a été nécessaire, pour les expériences. Cet appareil, exécuté avec une grande précision par M. Deleuil, gardait parfaitement la vapeur, lorsque l'ouverture était fermée (1).

Pour mesurer la tension de la vapeur, j'ai mis la chaudière en communication avec un grand manomètre à air libre, dont la construction avait été confiée à M. Collardeau. Dans la cuvette de cet instrument, il y avait un plongeur, qu'on pouvait, à l'aide d'une vis, faire monter ou descendre, pour ramener, lors de chaque observation, la surface du mercure à un niveau constant, dans cette même cuvette, dont une face était

(1) Un des côtés de cette ouverture avait une longueur constante de 50 millimètres. On déterminait exactement la longueur variable de l'autre côté, au moyen d'un arc divisé et d'une aiguille, dont l'appareil était muni.

garnie d'un disque en glace, sur lequel on avait tracé la ligne de niveau. Le tube du manomètre était en verre, et une échelle, en cuivre, très-exactement divisée, et munie d'un curseur, servait à mesurer les hauteurs de la colonne de mercure dans ce tube, en mètres et millimètres, ce qui était suffisant pour les expériences que je devais faire.

Un manomètre fermé avait aussi été adapté à la chaudière, et les indications de cet instrument se sont assez bien accordées avec celles du manomètre à air libre.

Lors des observations, on a noté la hauteur du baromètre et celle du thermomètre, afin de pouvoir ensuite faire les corrections nécessaires. D'ailleurs, aucun soin n'a été négligé, et les plus grandes précautions ont été prises, pour donner aux expériences le degré de précision qu'elles pouvaient comporter.

J'ai fait cinq séries d'expériences, et neuf expériences par série, en donnant successivement à l'ouverture, pour la sortie de la vapeur, neuf grandeurs différentes. Ainsi, j'ai eu autant d'orifices de sortie, et les surfaces de ces orifices sont exprimées en centimètres carrés par les nombres de la seconde colonne du tableau. (*Voir* le tableau.) Ces nombres forment une progression, par différence (x), dont la raison est 0,2551. Les nombres qui correspondent à ceux-ci, dans les cinq colonnes suivantes, font connaître, en mètres, les hauteurs, corrigées de la pression de l'atmosphère, auxquelles s'élevait le mercure dans le tube du manomètre à air libre. Ces hauteurs, dont j'ai donné les moyennes, dans la huitième colonne du tableau, mesuraient donc les tensions

t de la vapeur, dans la chaudière, diminuées de la pression p de l'atmosphère (1).

Avant de pouvoir noter les résultats des expériences, il a fallu faire beaucoup d'essais, principalement en ce qui concerne l'alimentation de la chaudière et la conduite du feu, afin de rester dans les mêmes circonstances, pendant le cours des observations. Malgré toutes les précautions qui ont été prises, on voit, par le tableau, que, pour une même surface de l'orifice de sortie, le mercure ne s'est pas élevé à une même hauteur, dans les diverses séries d'expériences, et qu'il y a, entre ces hauteurs, des différences assez sensibles.

Il est à remarquer que les nombres de la cinquième série sont plus grands que ceux qui leur correspondent dans les quatre premières. Cette différence dépend de ce que les expériences de ces quatre premières séries ont été faites avec un bon feu ordinaire, bien soutenu; au lieu que, pour les expériences de la cinquième série, on a, avec intention, poussé considérablement le feu, de manière à lui donner la plus grande activité; et aussi, le fourneau a été fort endommagé. Ces expériences, quoique faites dans une circonstance exceptionnelle, devaient néanmoins, afin de tout prévoir, fournir des données, pour le calcul des hauteurs moyennes de la colonne de mercure, dans le tube du manomètre.

En suivant la marche que je vais indiquer, je suis parvenu à trouver une loi qui lie les résultats des expériences aussi bien qu'on puisse le désirer.

J'ai multiplié les nombres de la seconde colonne

(1) La tension $t-p$ répond à cette pression qu'on appelle *pression effective*.

du tableau, par ceux qui leur correspondent dans la huitième, et les produits, ainsi obtenus, sont portés dans la onzième colonne du tableau.

Ces produits vont en augmentant, en partant du premier, à l'exception du dernier, qui est plus petit que le précédent, au lieu d'être plus grand. Cette irrégularité, et aussi le défaut d'uniformité qu'on observe dans l'augmentation des produits, dépendent d'erreurs inévitables, qui auront modifié, plus ou moins, les résultats des expériences. J'ai donc pu supposer que, sans ces erreurs, les produits auraient formé les termes d'une progression par différence.

Admettant cette supposition, j'ai reconnu, après plusieurs essais, que, pour déterminer la raison de cette progression, le produit qu'il était préférable de prendre avec le premier, était le septième, et j'ai trouvé, pour la raison cherchée, le nombre 0,11395317. Ce nombre m'a servi à former une progression par différence (y), dont les termes sont rapportés dans la dernière colonne du tableau.

Maintenant, si l'on divise chaque terme de cette progression par le nombre qui lui correspond dans la deuxième colonne du tableau, on aura, de cette manière, par le calcul, les hauteurs du mercure dans le tube du manomètre. Ces hauteurs sont exprimées par les nombres de la neuvième colonne du tableau. On a indiqué, dans la colonne suivante, les différences qu'il y a entre les moyennes des hauteurs déduites des expériences, et les hauteurs données par le calcul. Ces différences, étant assez petites, justifient la supposition que j'ai faite : elles fournissent une preuve qu'en effet, sans les erreurs qu'il a été

impossible d'éviter, lors des observations, les produits portés dans la onzième colonne du tableau auraient formé les termes d'une progression par différence.

La progression par différence (y), que j'ai trouvée, par le calcul, et dont les termes sont rapportés dans la dernière colonne du tableau, est croissante; la raison de cette progression est $0,1139531 7 = q$. Les nombres de la seconde colonne sont les termes d'une autre progression, aussi par différence (x), mais décroissante, qui a pour raison $0,2551 = v$. En continuant ces progressions, on a formé les dixième et onzième termes de chacune. Le onzième terme de la progression par différence (x) est précisément la raison de cette progression.

Si, dans cette même progression, on prend un terme qui soit égal au dernier, plus n fois la raison v de cette progression, le terme qui lui correspond, dans la progression par différence (y), est égal au dernier terme de cette progression, moins n fois sa raison q.

Cela posé, soit une courbe MNO (*voir* la *Pl. VII*, *fig.* 5) dont A'T serait l'axe des ordonnées, et A'S' l'axe des abscisses. Supposons que, le manomètre étant stationnaire, les ordonnées ab', cd', ef', etc., représentent les tensions $t-p$ de la vapeur dans la chaudière, et les abscisses correspondantes $A'b'$, $A'd'$, $A'f'$, etc., les surfaces des orifices de sortie. En partant de l'origine des abscisses les produits : $ab' \times A'b'$, $cd' \times A'd'$, $ef' \times A'f'$, etc., iront en décroissant, puisque ce sont autant de termes de la progression par différence (y); et que, dans cette progression, les termes sont plus petits, à mesure qu'ils répondent à des

termes plus grands de la progression par différence (x); ou, ce qui revient au même, à de plus grands orifices de sortie.

Au contraire, les produits des coordonnées iraient en croissant, si les ordonnées ab'', cd'', ef'', etc., représentaient les tensions t de la vapeur; auquel cas, l'axe des abscisses serait la ligne A''S'' menée parallèlement à A' S', par le point A'', distant du point A' d'une quantité qui représenterait la pression p de l'atmosphère égale à $0^m,76$. Mais, il est tout à fait indifférent de faire passer l'axe des abscisses par le point A', ou par le point A''.

Faisons toujours passer cet axe par le premier de ces points, et supposons que la surface de l'orifice de sortie, représentée par l'abscisse A'b', soit égale au onzième terme de la progression par différence (x); ou, ce qui est la même chose, à la raison v de cette progression. Faisant l'ordonnée correspondante $ab' = h$, on aura le produit $h \times v$. Soit une autre abscisse quelconque A'$d' = s$, et son ordonnée $cd' = r$, on aura un second produit $r \times s$. D'après ce qui a été dit plus haut, ce second produit devra être plus petit que le premier, et la différence entre ces deux produits sera égale à $\frac{q}{v}$ $(s - v)$ (1); on aura donc l'équation :

$$h \times v - r \times s = \frac{q}{v}(s - v)$$

(1) Au terme v de la première progression répond le terme $h \times v$ de la seconde progression. Mais, puisque pour un orifice dont la surface est $v+nv$, on a, pour terme correspondant, dans cette dernière progression, $h \times v - nq$,

D'où l'on tirera, en substituant à r sa valeur $t-p$:

$$t=p-\frac{q}{v}+\frac{h\times v+q}{s}.$$

Cette équation, qui peut être mise sous cette forme :

$$t=a+\frac{b}{s}\text{.....................(A)}$$

en faisant les quantités constantes $p-\frac{q}{v}=a$, et $h\times v+q=b$, appartient à l'hyperbole. Pour le prouver, menons AS parallèlement à la ligne A″S″, et à une distance de cette dernière $A''A=p-\frac{q}{v}=a$. Cette ligne AS sera une des asymptotes de l'hyperbole : en effet, si $s=\infty$, $t=a$, et la courbe rencontrera la ligne AS à une distance infinie. Si l'on fait $s=0$, on aura $t=\infty$, et la courbe rencontrera AT à l'infini : cette ligne est donc l'autre asymptote de l'hyperbole.

Soit maintenant $t-a=t'$, auquel cas l'origine des coordonnées de la courbe sera placée en A, l'équation deviendra $t'\times s=b$. Ainsi, les produits des coordonnées sont égaux à une constante b. Or, cette égalité de produits est la propriété caractéristique de l'hyperbole, rapportée à ses asymptotes, considérées comme axes coordonnés (1).

---

et, puisqu'ici, l'augmentation de surface est $s-v$, faisant la proportion $nv : nq :: s-v : x=\frac{q}{v}(s-v)$, le quatrième terme de cette proportion sera la différence entre les produits $h\times v$ et $r\times s$.

(1) On a, par conséquent : $ab\times Ab=cd\times Ad=ef\times Af$, etc., etc.

L'équation (A) fait voir que la tension t de la vapeur dans la chaudière est égale à une quantité constante a, plus une quantité variable $\frac{b}{s}$, qui dépend de la surface s de l'orifice de sortie.

De cette équation on tire :

$$s = \frac{b}{t-a} \text{......................} (B)$$

La surface s augmentera à mesure que t diminuera; mais elle ne deviendrait infinie, que si l'on avait $t = a$.

La pression de l'atmosphère, ou $p = 0^{m},76$. On a vu plus haut que $q = 0,11395317$, et $v = 0^{c.m.},2551$. En divisant le onzième terme de la progression par différence (y) par le terme correspondant de la progression par différence (x), on trouvera $h = 9,4368$. Avec ces valeurs numériques, on aura :

$$a = p - \frac{q}{v} = 0,3133,$$

$$b = h \times v + q = 2,52128085.$$

Substituant ces nombres aux quantités constantes a et b, dans les équations (A) et (B), ces équations donneront directement; la première, t, exprimé en atmosphères de $0^{m},76$, lorsqu'on connaîtra s; et la seconde, s, exprimé en centimètres carrés, lorsqu'on connaîtra t, et pour une surface de chauffe de 5 mètres carrés (1).

Si, au lieu de prendre les moyennes de toutes

---

(1) On rappellera ici que la chaudière qui a servi à faire les expériences, présentait une surface de chauffe de 5 mètres carrés.

les expériences, on s'en tenait seulement aux expériences de la cinquième série, qui ont été faites avec un feu auquel on avait donné toute l'activité possible, on aurait $q = 0{,}10287818$, $h = 10{,}005856{,}92$, et on trouverait $a = 0{,}3567143\,1$ et $b = 2{,}65537228$. Ainsi, les valeurs numériques de ces quantités a et b, constantes pour un même état de feu, augmentent à mesure que le feu devient plus actif; et, par une suite nécessaire, à égalité de tension, la surface s de l'orifice de sortie augmente aussi. Il est évident que, dans cette circonstance, la ligne AS s'éloigne de la ligne A″ S″.

Représentons par a', b', s', les quantités qui se rapportent aux expériences de la cinquième série, prises toutes seules. On aura la valeur numérique de s', en faisant $a' = 0{,}3567143\,1$ et $b' = 2{,}65537228$ dans l'équation :

$$s' = \frac{b'}{t - a'}.$$

Si l'on divise cette équation par l'équation (B), on aura :

$$\frac{s'}{s} = \frac{b'}{b} \times \left(\frac{t - a}{t - a'}\right).$$

Cette équation, qui fait voir que le rapport $\frac{s'}{s}$ devient plus petit, à mesure que t augmente, a servi à calculer le tableau qui suit.

TENSION de la vapeur en atmosphères.	VALEURS de $\frac{s'}{s}$.
0,469361	∞
0,5	3,016773
1.	1,114330
1,5	1,112962
2.	1,092489
2,5	1,082811
5.	1,066463
10.	1,059500
20.	1,056264
∞	1,053184

L'augmentation de la surface de l'orifice de sortie, quoique plus grande pour les faibles tensions, est encore très-petite, même pour le cas d'une tension de 1,5 atmosphère, puisqu'alors on a $s' = 1,112962 \times s$. Donc, si pour ce cas on doublait s, on donnerait à l'orifice de sortie une surface plus grande de $0,887038 \times s$ que celle qui serait nécessaire au dégagement de la vapeur, dans la circonstance d'un feu extrêmement actif.

Les expériences que j'ai faites sur l'écoulement de la vapeur, et les conséquences que j'en ai tirées, fournissent le moyen de déterminer la surface à donner à un orifice pratiqué dans une chaudière à vapeur, pour remplir cette condition : que la quantité de vapeur qui sortira, par cet orifice, pendant un certain temps, soit égale à celle qui se produira pendant le même temps, auquel cas

la tension de la vapeur dans la chaudière restera constante, et le manomètre demeurera stationnaire.

On calculera la surface que, pour cet état de choses, l'orifice de sortie devra avoir, en se servant de l'équation :

$$s = \frac{2,52128085}{t - 0,3133},$$

qui est l'équation (B), dans laquelle j'ai substitué aux quantités a et b leurs valeurs numériques.

Je viens de dire que cette équation donne s, pour une surface de chauffe de 5 mètres carrés. Mais, toutes choses égales d'ailleurs, la valeur de s augmente ou diminue comme la quantité de vapeur qui se forme, et il est admis qu'à égalité de tension, cette quantité de vapeur est proportionnelle à la surface de chauffe; donc, la valeur de s est aussi proportionnelle à cette surface.

Par conséquent, on aura pour l'unité de surface de chauffe :

$$s = \frac{0,50425617}{t - 0,3133};$$

et, pour c mètres carrés de surface de chauffe,

$$s = \frac{0,50425617 \times c}{t - 0,3133} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (C)$$

Cette équation donne, d'une manière générale, les surfaces des orifices de sortie, quelle que soit d'ailleurs leur figure. Si, comme il est d'usage pour les soupapes de sûreté, ces orifices sont de forme circulaire, ils auront, toutes choses égales d'ailleurs, les mêmes surfaces, en déterminant leurs diamètres par la formule suivante :

$$d = 0,918066 \sqrt{\frac{c}{n - 0,41223684}},$$

qui donne les diamètres d exprimés en centimètres.

Dans le calcul qui a conduit à cette formule, on a fait $t = n \times p = n \times 0^m,76$: n exprimant, en atmosphères, la tension de la vapeur dans la chaudière.

En déterminant, avec cette formule, les diamètres à donner aux orifices des soupapes de sûreté, ces soupapes suffiraient à un développement ordinaire de vapeur, si toutefois elles s'ouvraient entièrement, et n'opposaient aucun obstacle à la sortie de la vapeur. Cependant, pour régler les diamètres des soupapes qui seraient de cette espèce, on a, dans l'instruction ministérielle du 23 juillet 1832, fait le coefficient de la formule égal à 1,299837, afin d'avoir des orifices de soupapes doubles en surface de ceux qu'on obtient avec le coefficient 0,918066, qui résulte des expériences que j'ai faites.

On a pensé que, dans le cas de soupapes remplissant les conditions que je viens de rappeler, il conviendrait néanmoins, pour plus de sécurité, d'augmenter ainsi les orifices de ces soupapes. Mais je dois faire observer ici que, d'après ce qui a été dit plus haut (p. 353), il ne serait pas nécessaire, même pour un dégagement de vapeur produite par le feu le plus actif, de doubler les surfaces de ces orifices, et qu'il suffirait de les augmenter très-peu.

D'après la même instruction, les soupapes dont on fait habituellement usage, doivent avoir des diamètres doubles de ceux des soupapes qui s'ou-

vriraient entièrement : d'abord, parce que les soupapes dont il s'agit ne peuvent que se soulever, plus ou moins, lorsqu'il y a excès de tension de la vapeur dans la chaudière; ensuite, parce que les orifices de ces soupapes restant toujours en partie obstrués, ne laissent pas à la vapeur une issue complétement libre.

Si ces soupapes s'ouvraient entièrement, elles auraient, avec des diamètres ainsi déterminés, des orifices bien trop grands, puisque la surface de ces orifices contiendrait huit fois la surface *s*, donnée par l'équation (C). Mais, comme je viens de le dire, ces soupapes se soulèvent seulement; d'où il suit que la vapeur ne s'échappe que par une ouverture dont la surface cylindrique a pour mesure le produit de la circonférence de l'orifice de la soupape de sûreté par la hauteur dont cette soupape se soulève. La surface de cette ouverture ne pourrait donc égaler celle de l'orifice de la soupape, que dans le cas où cette hauteur deviendrait équivalente au quart du diamètre de cet orifice.

Mais ce cas serait tout à fait exceptionnel, les soupapes ne se soulèvent pas autant à beaucoup près. Elles s'ouvrent par degrés, jusqu'au point de suffire au dégagement de la vapeur, sans qu'il puisse résulter de ce dégagement aucun mouvement brusque dans l'intérieur des chaudières.

TABLEAU RELATIF AUX RECHERCHES SUR L'ÉCOULEMENT DE LA VAPEUR.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES. (1)	SURFACES des orifices de sortie, formant une progression par différence (x). (2)	HAUTEURS DE LA COLONNE DE MERCURE, données par les expériences, et mesurant les tensions $t-p$ de la vapeur dans la chaudière. 1re série. (3)	2e série. (4)	3e série. (5)	4e série. (6)	5e série. (7)	MOYENNES des hauteurs de la colonne de mercure. (8)	HAUTEURS correspondantes données par le calcul. (9)	DIFFÉRENCES entre les moyennes des hauteurs déduites des expériences et les hauteurs données par le calcul. (10)	PRODUITS des nombres qui se correspondent dans les colonnes 2 et 8. (11)	PROGRESSION par différence (y) dont les termes correspondent aux produits ci-contre. (12)
	Centim. carr.	Mèt.	Mèt.	Mèt.	Mèt.	Mèt.	Mèt.	Mèt.	Mèt.		
1	2,8061	0,434	0,400	0,454	0,428	0,543	0,4518	0,4518	0,0000	1,2678	1,2678
2	2,5510	0,554	0,528	0,570	0.514	0,658	0,5648	0,5417	+ 0,0231	1,4408	1,3817
3	2,2959	0,680	0,629	0,698	0,679	0,794	0,6978	0,6515	+ 0,0463	1,6021	1.4957
4	2,0408	0,804	0,756	0,826	0,774	0,971	0,8262	0.7887	+ 0,0375	1,6861	1,6097
5	1,7857	0,979	0,821	1,022	0,994	1,171	0,9974	0,9652	+ 0,0322	1,7811	1,7236
6	1,5306	1,184	1,111	1,281	1,197	1,425	1,2396	1,2006	+ 0,0390	1,8973	1,8376
7	1,2755	1,404	1,403	1,588	1,506	1,749	1,5300	1,5300	0,0000	1,9515	1,9515
8	1,0204	1,914	1,831	2,021	1,922	2,109	1,9774	2,0242	— 0,0468	2,0177	2,0655
9	0,7653	2,494	2,476	2.610	2,526	2,836	2,5885	2,8478	— 0,2593	1,9810	2,1794
»	0,5102							4,4951			2,2934
»	0,2551							0,4868			2,4073

RECHERCHES

Sur la composition et l'emploi des gaz des hauts-fourneaux;

(2e partie)

Par M. EBELMEN, Ingénieur des mines.

Les recherches que renferme ce mémoire font suite à celles que j'avais entreprises dès l'année 1839 sur la composition des gaz des hauts-fourneaux, d'après les ordres de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines. Dans un premier travail (1) je m'étais borné à examiner la nature de ces gaz à leur sortie du haut-fourneau. Depuis cette époque, on est parvenu à utiliser la chaleur produite par leur combustion pour l'affinage de la fonte, mais en les prenant dans le haut-fourneau à une certaine distance du gueulard. Il devenait donc intéressant d'examiner quelles variations éprouve la composition du courant gazeux qui traverse le haut-fourneau à mesure qu'on s'éloigne de l'orifice de sortie. J'avais l'espoir que les résultats de ces expériences seraient utiles pour déterminer la hauteur à laquelle il convenait d'enlever les gaz de l'appareil et l'influence de la soustraction d'une partie plus ou moins considérable de ces gaz sur la marche du haut-fourneau. Enfin, la comparaison des résultats obtenus par l'analyse de ces produits gazeux sur toute la hau-

(1) *Annales des mines*, 3e série, tome XVI, p. 545.

teur du fourneau, depuis la tuyère jusqu'au gueulard, devait servir à reconnaître et à classer d'une manière nette les diverses réactions qui se produisent dans chacune de ses parties.

Cette série d'expériences a été exécutée d'abord au haut-fourneau de Clerval, puis à celui d'Audincourt (Doubs). M. A. Bouchot, l'un des propriétaires des usines de Clerval, et M. Jeanmaire, directeur des usines de la compagnie d'Audincourt, ont bien voulu prendre quelque intérêt à mes essais, et se sont prêtés avec la plus grande complaisance à toutes les dispositions nécessaires à leur exécution. C'est pour moi un devoir de leur en témoigner ici toute ma reconnaissance.

Je diviserai ce travail en quatre parties. Dans la première je décris les appareils que j'ai employés et le mode d'analyse que j'ai suivi. Je donnerai en second lieu les résultats des analyses faites dans chacun des fourneaux aux différentes hauteurs où le gaz a été pris. Dans un troisième chapitre je chercherai à déduire des résultats de ces analyses quelques conclusions générales relativement à la théorie des hauts-fourneaux. Enfin, j'examinerai en dernier lieu quelles conséquences on peut tirer de ce travail sur le mode d'emploi des gaz comme combustible, et sur l'influence que peut avoir leur soustraction à diverses hauteurs sur la marche du haut-fourneau.

CHAPITRE Ier.

Description des procédés d'analyse.

Les mélanges gazeux que j'avais à examiner pouvaient renfermer de la vapeur d'eau, de l'acide

carbonique, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène, de l'hydrogène carboné et de l'azote.

L'appareil que j'ai décrit dans mon premier mémoire se composait : 1° d'un tube en verre recourbé à angle droit et plongeant dans le fourneau ; 2° d'un tube rempli de chlorure de calcium pour retenir la vapeur d'eau ; 3° d'un condenseur à potasse pour absorber l'acide carbonique ; 4° d'un tube rempli d'oxyde de cuivre, destiné à transformer les gaz combustibles en eau et en acide carbonique ; 5° d'un appareil à chlorure de calcium suivi d'un second condenseur à potasse pour absorber les produits de la combustion ; 6° enfin d'une bouteille communiquant par sa tubulure supérieure avec tous les appareils précédents et munie vers le fond d'une tubulure latérale. En faisant écouler l'eau contenue dans la bouteille par la tubulure inférieure, on aspirait le gaz du fourneau qui perdait successivement l'eau, l'acide carbonique et les gaz combustibles qu'il renfermait, en sorte que l'azote seul arrivait dans la bouteille d'aspiration. On calculait son volume d'après celui de l'eau écoulée.

Dans ce mode d'analyse, on ne connaissait pas le volume du gaz sur lequel on opérait, et la détermination de l'azote présentait quelque incertitude, puisque le volume de l'eau écoulée ne donnait exactement l'azote qu'après l'expulsion de tout l'air contenu dans l'appareil. Enfin, comme on n'avait aucun moyen d'apprécier la quantité d'oxygène cédée par l'oxyde de cuivre pour transformer les gaz combustibles en eau et en acide carbonique, l'analyse ne donnait que l'hydrogène et le carbone qu'ils contenaient, sans qu'on pût déterminer par le calcul les proportions relatives

des trois gaz : oxyde de carbone, hydrogène et hydrogène protocarboné. La disposition de l'appareil exigeait de plus que l'analyse fût faite dans l'endroit même où le gaz se dégageait.

L'incertitude des expériences eudiométriques, quand on les applique à l'analyse des mélanges qui renferment plusieurs gaz combustibles, dont quelques-uns en faible proportion, ne m'a pas permis de substituer ce procédé à celui que je viens d'indiquer. J'ai cherché, en modifiant mon premier appareil, à éviter les causes d'erreur qu'il présentait, et je pense avoir réussi à obtenir une précision bien suffisante pour le genre de recherches que j'avais entrepris.

Le gazomètre à mercure dans lequel je recueille et je mesure le gaz destiné à l'analyse, se compose (*fig.* 1, 2, 3, *Pl. IX*) d'une cuve cylindrique en fonte A de $0^m.50$ de hauteur et de $0^m.10$ de diamètre. La cloche à gaz est aussi cylindrique : sa hauteur est égale à celle de la cuve, et son volume d'environ 1600 cent. cubes. Elle peut être fixée par un bouton à l'extrémité d'une vis verticale qui s'engage à $0^m.45$ de hauteur au-dessus du rebord supérieur de la cuve en fonte, dans un écrou supporté par deux tringles verticales. Cette disposition permet de soulever et d'abaisser avec facilité la cloche à gaz.

Une partie du vide intérieur de la cuve en fonte est remplie par un cylindre en fonte B concentrique au premier, et qui diminue le volume du mercure nécessaire pour le remplir. — Les gaz peuvent entrer dans la cloche et en sortir au moyen de deux tubes recourbés *a a* qui descendent le long de la cuve en fonte, remontent le long du manchon intérieur B dans deux rainures ména-

gées à cet effet, de manière que leurs extrémités supérieures soient très-voisines et arrivent à peu près à la hauteur du rebord supérieur de la cuve en fonte. Cette disposition permet de remplir et de vider à volonté la cloche à gaz, en la soulevant ou en l'abaissant, et en la mettant en communication, soit avec la source de gaz, soit avec les appareils qu'il doit traverser. Le volume du gaz qui reste dans la cloche, quand elle a été abaissée jusqu'à la rencontre des deux tubes, est très-faible. Une petite glace, scellée avec du mastic sur l'une des parois de la cuve en fonte, permet de lire le volume du gaz contenu dans la cloche soulevée. L'erreur qu'on peut commettre sur la détermination du volume qui était compris généralement entre 1500 et 1600 cent. cubes, ne doit pas dépasser 2 ou 3 centimètres cubes.

Pour faire arriver dans la cloche le gaz destiné à l'expérience, on opère de la manière suivante: le tube *a* est fixé par un tube en caoutchouc à un robinet à trois branches r, r', r''. L'un des robinets r' est placé sur un tuyau perpendiculaire à la ligne qui joint les deux autres. Le robinet *r* s'ajuste avec un tube en U *d* rempli de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique concentré. Si le gazomètre se trouve placé près de l'endroit où le gaz se dégage, il suffit d'ajuster au tube *d* un tube droit qui plonge dans le courant de gaz; en ouvrant alors les deux robinets r, r'', et soulevant la cloche, on voit que le gaz doit s'y rendre après s'être desséché dans l'appareil *d*; mais comme le gaz est encore mêlé avec un peu d'air atmosphérique provenant des tubes, on ferme le robinet *r*, on ouvre r', r'', et l'on fait descendre la cloche. Cela fait, on ferme r', on ouvre r, r'', et l'on recom-

mence l'aspiration. On répète cette opération deux ou trois fois, pour être sûr que le gaz contenu dans la cloche est tout à fait pur; on note à chaque fois le volume du gaz introduit; l'augmentation de poids du tube *d* donne l'eau correspondante au volume total du gaz; il faut soulever la cloche lentement pour que la dessiccation soit complète.

Lorsque la disposition des lieux ne permet pas de placer l'appareil pour l'analyse des gaz près du point où ils se dégagent, on emploie le moyen suivant: on se sert d'une bouteille E de trois à quatre litres de capacité, et munie d'une tubulure inférieure que l'on ferme avec un bouchon; on remplit cette bouteille d'eau recouverte d'une couche d'huile de quelques centimètres d'épaisseur. Le goulot porte un bouchon traversé par un tube recourbé à angle droit, à l'extrémité duquel se trouve un robinet *n*: pour aspirer le gaz au moyen de cette bouteille, on ajuste au robinet *n* un tube droit qui va plonger dans le courant, et l'on place la bouteille exactement remplie d'eau et d'huile, dans un seau à moitié rempli d'eau qui baigne la tubulure inférieure. En enlevant le bouchon placé à cette tubulure, et ouvrant en même temps le robinet *n*, l'eau s'écoulera, et le gaz viendra remplir le vide formé dans la bouteille. Les premières portions sont souillées par l'air des tubes; pour l'avoir pur, on referme le robinet, on soulève doucement le bouchon supérieur, sans l'enlever pourtant, et on enfonce la bouteille dans l'eau jusqu'à ce qu'elle se remplisse exactement; le gaz s'échappe entre la tubulure supérieure et le bouchon. Cela fait, on remet le bouchon en place, on rouvre le robinet, et on aspire de nouveau le gaz pour remplir la bouteille jusqu'à une

petite distance de la tubulure inférieure; on referme celle-ci, on tourne le robinet, et le gaz se trouve ainsi isolé. Il faut alors le transvaser dans le gazomètre; il suffit pour cela d'ajuster le tube de caoutchouc fixé au robinet *n* au tube à ponce *d*, et de placer la bouteille E de nouveau dans l'eau. En enlevant le bouchon inférieur et ouvrant le robinet *n*, on voit qu'il est facile de faire passer dans la cloche le gaz que contient la bouteille d'aspiration; à mesure qu'on soulève la cloche, l'eau rentre dans la bouteille par la tubulure; les premières portions de gaz sont rejetées comme je l'ai dit tout à l'heure.

Dans cette disposition, on voit que le gaz est aspiré dans la bouteille E, et doit en sortir sans avoir été en contact avec l'eau qui pourrait en altérer la composition. J'ai constaté d'ailleurs directement que la composition des gaz aspirés ne variait pas sensiblement après deux ou trois heures de séjour dans la bouteille; il suffisait pour cela d'en faire deux analyses consécutives. J'ai fait cette comparaison à plusieurs reprises, en analysant des gaz qui contenaient jusqu'à 12 p. 0/0 de leur volume d'acide carbonique.

Lorsqu'on opère ainsi, il faut faire une détermination séparée pour la vapeur d'eau; on intercale entre le robinet *n* et le tube qui plonge dans le courant de gaz, un appareil taré qui renferme, soit de l'acide sulfurique bouilli, soit du chlorure de calcium. On fait écouler l'eau contenue dans la bouteille par un tube recourbé à angle droit, qui traverse le bouchon fixé à la tubulure inférieure; le volume de l'eau écoulée donne celui du gaz qui arrive dans la bouteille, et qu'on ramène par le calcul à zéro et à la pression de $0^m,760$. Il faut

chauffer sur toute sa longueur le tube dont l'extrémité plonge dans le courant de gaz, pour éviter qu'il ne s'y dépose des gouttelettes d'eau liquide. L'excès de poids de l'appareil taré donne la quantité d'eau cherchée.

Quand le gazomètre à mercure contient le volume du gaz sec destiné à l'analyse, on ferme les trois robinets r, r', r'', on mesure le gaz en faisant en sorte que le niveau du mercure soit le même à l'intérieur et à l'extérieur; on note la température et la pression barométrique.

L'appareil fixé au tube a', par lequel va s'écouler le gaz, se compose : 1° d'un triple robinet s, s', s'', semblable à r, r', r''; 2° d'un tube en U f rempli de ponce imbibée d'acide sulfurique concentré ; 3° d'un condenseur de Liebig g, contenant une dissolution de potasse à 45° de l'aréomètre, et suivi d'un tube g' rempli de fragments de potasse caustique ; 4° d'un tube en verre vert H, rempli d'un mélange de planures de cuivre grillées, et d'oxyde provenant de la calcination du nitrate ; 5° d'un tube K, rempli de chlorure de calcium en petits fragments ; 6° d'un condenseur à potasse l, suivi d'un tube à potasse solide l' ; 7° d'une bouteille M à tubulure latérale. Le tube f qui traverse la tubulure supérieure, ne descend que de quelques centimètres dans la bouteille ; l'eau qu'elle contient peut s'écouler par un tube q, recourbé à angle droit et effilé à son extrémité inférieure, qui peut tourner dans le bouchon placé au bas du vase.

Le robinet s' placé perpendiculairement aux deux autres, communique avec un tube en porcelaine de $0^m,50$ de longueur (fig. 4), rempli de cuivre réduit par l'hydrogène et disposé de ma-

nière à pouvoir être chauffé sur toute sa longueur. L'autre extrémité de ce tube de porcelaine s'adapte à un tube en U rempli de ponce granulée, imbibée d'une dissolution concentrée de potasse.

La partie du tube à combustion qui se trouve sur le petit fourneau en tôle, a $0^m,20$ de longueur, et le diamètre ordinaire des tubes de verre vert employés dans les analyses organiques. Deux tubes de petit diamètre sont soudés aux deux extrémités, et communiquent avec les appareils g' et k par des tuyaux en caoutchouc. Dans l'analyse des gaz qui renferment une proportion un peu considérable d'hydrogène, comme 5 à 6 p. o/o, il vaut mieux employer un tube à combustion fermé par un bouchon du côté qui communique avec le chlorure de calcium, autrement on courrait le risque de perdre un peu d'eau qui se condenserait dans le tube étroit ou dans le tuyau de caoutchouc.

Le tube f, qui renferme de l'acide sulfurique, est destiné à retenir les dernières traces d'humidité provenant du gaz ou de l'azote qu'on doit faire circuler dans l'appareil. On pèse à la fois les deux tubes g, g' destinés à retenir l'acide carbonique, ensuite le tube K, qui donne la proportion d'eau d'après laquelle on conclut le poids de l'hydrogène, puis les deux appareils l, l', qui retiennent l'acide carbonique produit par la combustion du gaz. On pèse aussi avant l'opération le tube à combustion H; on commence par enlever l'eau hygrométrique de l'oxyde de cuivre, en chauffant le tube et aspirant au travers un courant d'air sec ; puis on le laisse refroidir en bouchant une de ses extrémités et adaptant à l'autre un tube rempli de chlorure de calcium qui n'y laisse rentrer que de l'air sec. Quand le tube est

froid, on le pèse. Ceux que j'employais pesaient remplis 70 à 80 grammes. Je me suis assuré que le tube placé sur la balance n'augmentait pas sensiblement de poids dans l'espace de 10 à 15 minutes; on a soin d'ailleurs de placer un petit tampon d'amiante aux deux extrémités du tube pour empêcher un renouvellement trop facile de l'air. Après la pesée du tube à combustion, on le recouvre sur toute sa longueur d'une feuille de platine, et on assemble tous les appareils que j'ai indiqués, à l'aide de tubes de caoutchouc. Pour être sûr que les jointures tiennent, il faut, en tenant fermés tous les robinets, renverser le tube *q*: au bout de quelques instants il ne doit plus sortir d'eau par ce tube.

Avant de commencer l'analyse, il faut chasser tout l'air de l'appareil et le remplacer par un gaz qui ne puisse pas augmenter ou diminuer le poids du tube à combustion et des autres appareils tarés. Il suffit pour cela d'y faire passer de l'azote préparé par le procédé employé par MM. Dumas et Boussingault pour l'analyse de l'air. En chauffant sur toute sa longueur le tube de porcelaine qui renferme le cuivre métallique, ouvrant les deux robinets *s'*, *s''*, et renversant le tube *q*, il est évident qu'au bout d'un certain temps, il n'y aura plus que de l'azote dans tout l'appareil. J'en faisais passer ordinairement 300 à 400 centimètres cubes. On ferme alors le robinet *s'*, on commence à chauffer le tube à combustion, et bientôt on ouvre le robinet *s*, par lequel le gaz contenu dans la cloche arrive dans les tubes à analyse. On fait marcher l'opération avec la vitesse que l'on désire, en abaissant plus ou moins rapidement la cloche. L'emploi simultané de celle-ci, qui agit par com-

pression, et de la bouteille M, qui agit par aspiration, permet de régler convenablement la tension du gaz qui circule dans l'appareil. J'opérais assez ordinairement sur 1 litre 1/2 de gaz, dont la combustion durait environ une heure. Lorsque la cloche arrive en bas, on peut, si l'on veut, mesurer le volume du gaz qui reste, pour le déduire du volume total; mais il vaut mieux aspirer dans la cloche une certaine quantité d'azote, puis faire passer le mélange dans l'appareil. On mesure encore le volume du gaz qui reste dans la cloche, et comme on connaît celui qui restait primitivement et celui de l'azote introduit, il est facile de faire la correction. Dans mes expériences, cette correction est fort peu de chose; elle n'a jamais dépassé 2 à 3 centimètres cubes. L'erreur que l'on peut commettre dans ce cas, est d'autant moindre que le volume de l'azote introduit est plus grand par rapport à celui du gaz restant. Pour terminer l'expérience, on balaye l'appareil avec de l'azote, et on ne le démonte que quand le tube à combustion est bien refroidi. On pèse de nouveau les différentes parties du système.

Le tube à combustion ne renferme de cuivre métallique que sur 2 à 3 centimètres à partir de son extrémité antérieure. La limite entre l'oxyde et le métal réduit est très-nette, et cette circonstance prouve que la combustion du gaz est complète à peu de distance de son entrée dans le tube.

En opérant ainsi on a : 1° le poids de l'acide carbonique contenu dans le gaz; 2° ceux de l'hydrogène et du carbone renfermés dans la partie combustible; 3° le poids de l'oxygène qui a servi à transformer les gaz combustibles en eau et en acide carbonique. On a donc tous les éléments

nécessaires pour calculer la proportion relative des trois gaz combustibles, hydrogène, gaz des marais et oxyde de carbone. Comme on connaît d'ailleurs le volume total du gaz employé, il est facile d'en déduire le volume de l'azote par différence.

Dans toutes mes analyses, j'ai placé constamment un tube rempli de fragments de potasse solide à la suite du condenseur de Liebig. J'ai constaté qu'en supprimant le tube *g'*, et en faisant communiquer directement *g* avec le tube à combustion, la proportion d'hydrogène était toujours sensiblement plus forte que dans le cas contraire. Le tube à potasse solide est nécessaire pour retenir les traces de vapeur d'eau enlevées à la potasse liquide par le courant de gaz ou d'azote sec qu'on fait circuler dans l'appareil. Pour reconnaître d'ailleurs si la condensation de l'acide carbonique s'opérait complétement dans l'expérience, j'ai placé à la suite du tube *g'* un tube en U, contenant d'un côté de la ponce en grains imbibée d'une dissolution de potasse, et de l'autre des fragments de potasse solide. En opérant sur le même volume de gaz qu'à l'ordinaire et de la même manière, j'ai trouvé que le poids du tube à ponce n'avait varié que d'un milligramme pendant l'expérience. Le degré d'exactitude dont j'avais besoin me permettait de négliger une pareille cause d'erreur.

On peut, au lieu de doser l'azote par différence, en déterminer directement la proportion. Il suffit, pour cela, de comparer pendant un certain temps le volume du gaz qui sort de la cloche avec celui de l'eau qui s'écoule par le tube *q*, et qui représente le volume de l'azote amené dans la bouteille M. On peut même faire plusieurs déterminations successives d'azote dans le cours de la même

analyse. Il faut attendre que la distribution du gaz dans l'appareil soit devenue ce qu'elle doit être jusqu'à la fin de l'expérience, car si on commençait lorsque tous les tubes sont encore remplis d'azote., il est évident qu'on aurait des résultats fautifs. Lorsqu'on a recueilli l'eau écoulée, on mesure la différence de hauteur entre le niveau de l'eau dans la bouteille, et l'extrémité du tube *q*. On tient compte de la tension maximum de la vapeur d'eau à la température à laquelle on opère, etc.

On pourrait aussi recueillir l'azote sous une cloche graduée au moyen d'un tube recourbé, mais cette disposition aurait l'inconvénient d'augmenter la tension du gaz dans le gazomètre et dans l'appareil, et, d'un autre côté, l'emploi de la bouteille M est très-commode pour aspirer de l'azote au commencement et à la fin de l'expérience.

L'azote n'a été déterminé directement que dans un certain nombre d'expériences, principalement à la fin de mon travail. Ce moyen m'a servi de contrôle et de vérification pour mes analyses.

Le gazomètre à mercure que j'ai décrit plus haut, peut être remplacé par une disposition plus simple représentée *fig.* 5. On fait communiquer directement la bouteille E avec le système de robinet $s\,s'\,s''$. Pour obliger le gaz à sortir de l'appareil d'aspiration, on met la tubulure inférieure en communication avec un vase de Mariotte V, au moyen du tube deux fois recourbé *i*. Un petit robinet est placé sur le tube *o*. Il suffit que le vase V soit jaugé exactement pour qu'on puisse apprécier le volume du gaz qu'on a fait sortir de la bouteille E, et cela peut se faire avec précision en employant un vase V rétréci dans le haut et dans

le bas, aux points où se trouvent les traits de jauge. Les analyses pourraient aisément se faire sur 4 ou 5 litres de gaz.

On peut aussi maintenir fermée la tubulure inférieure, et introduire l'eau par un tube droit surmonté d'un entonnoir qui traverserait le bouchon de la tubulure supérieure, et qui plongerait jusqu'au fond de la bouteille. Le poids ou le volume de l'eau introduite permet de calculer le volume du gaz écoulé. On conduira, au reste, dans les deux cas, l'opération comme je l'ai décrit tout à l'heure, sans rien changer au surplus de l'appareil.

Cette disposition est beaucoup plus simple et moins dispendieuse que celle que j'ai primitivement décrite, et, sans doute, elle sera préférée dans le plus grand nombre des cas. On n'a à craindre que l'altération qui pourrait résulter dans la composition du gaz de son contact prolongé avec la couche huileuse, et j'ai déjà dit plus haut que, d'après plusieurs expériences, cette altération m'avait paru insensible après quelques heures de séjour du gaz dans la bouteille.

CHAPITRE II.

§ 1. *Analyse des gaz du haut-fourneau de Clerval.*

Les dimensions du haut-fourneau de Clerval, sont aujourd'hui un peu différentes de celles qu'il avait lors des expériences que j'y ai faites en juin 1839. J'indique celles de ces dimensions qui pourraient être utiles pour l'intelligence des résultats des analyses (V. *fig.* 10) :

	Mèt.
Diamètre au gueulard.	0,67

Hauteur de la cuve.	5,67
Diamètre au ventre.	2,16
Hauteur des étalages.	2,12
Diamètre de l'ouvrage au raccordement avec les étalages. . . .	0,62
Hauteur de l'ouvrage.	0,44
Largeur devant la tuyère.	0,44
Hauteur totale du fourneau. . . .	8,67
Du fond du creuset au ventre. . .	3,00

Le haut-fourneau marche au vent chaud. Sa température était de 175 à 190° C. La buse a 0^m,065 de diamètre. La pression du vent était très-faible, et comprise généralement entre 0^m,015 et 0^m,018 de mercure.

Pendant la durée de mes expériences, la charge se composait de :

	Mèt. c.		
Charbon.	0,500	pesant	115 kil.
Castine.	0,020		29
Minerais en grains. .	0,110		198
Minerai calcaire de Laissey (Doubs).	0^m,050 à 0,060		89 à 107

On coule toutes les vingt charges.

Les minerais en grains viennent de la Haute-Saône ; d'après leur composition et celle du minerai de Laissey, on peut admettre pour la composition approximative du lit de fusion, y compris la castine :

Eau.	0,125
Carbonate de chaux. .	0,210
Peroxyde de fer. . . .	0,392
Oxyde de manganèse.	0,007
Silice.	0,200
Alumine.	0,066
	1,000

Résultat qui peut s'exprimer de la manière suivante:

Fer métallique.		0,272
Matières entraînées par le gaz 0,337.	Oxygène.	0,120
	Eau.	0,125
	Acide carbonique.	0,092
Matières fixes 0,391.	Silice.	0,200
	Alumine.	0,066
	Chaux.	0,118
	Oxyde de mangan.	0,007
		1,000

Le charbon employé renferme moyennement 8 p. o/o d'humidité, et la composition élémentaire du charbon sec est la suivante (1) :

Carbone.	88,00
Hydrogène.	3,00
Oxygène.	6,00
Cendres.	3,00
	100,00

Il donne à la distillation 13 p. o/o environ de matières volatiles formées de :

Hydrogène.	3,0
Oxygène.	6,0
Carbone.	4,0
	13,0

Ces matières volatiles se représentent à peu près exactement par un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone.

Consommations et produits.

Pendant le mois de septembre 1841, le fourneau de Clerval a consommé :

Mét. c.		Poids.
391,05	charbon de bois. .	90.045 kil.
15,52	castine.	22.700
85,89	minerai en grains.	154.800
44,25	minerai calcaire. .	78.800

(1) *Annales des mines*, t. XVI, pag. 549.

Il a produit :

	19.475 kil.,	gueuses.
	13.685	sapots pour 2e fusion.
	17.021	sableries et moulages.
	10.989	bocages pour le cubilot
Total. .	61.170 kil.	de fonte.

Il suit de là que la charge a produit en moyenne 78k.,10 de fonte.

1 de fonte a consommé 1,48 de charbon en poids et 3,81 de minerai.

1 de minerai a produit 0,262 de fonte.

1 de minerai a consommé 0,388 de charbon.

Le roulement du fourneau est beaucoup moins avantageux que celui de la même usine en juin 1839. On attribue ce résultat à la faiblesse du vent. La fonte obtenue a été presque constamment grise.

Pour prendre les gaz depuis le gueulard jusqu'à la base de la cuve, je me suis servi de tuyaux en fonte, de 0m,10 de diamètre environ, qu'on assemblait avec des clavettes. On faisait descendre dans le fourneau la colonne de tuyaux jusqu'à la profondeur voulue. Un tuyau coudé, ajusté à l'extrémité de la colonne, amenait le gaz à la portée de l'appareil. Dans toutes les expériences faites sur les gaz pris dans la cave du fourneau de Clerval, le gazomètre était placé tout près du gueulard, et le gaz y arrivait directement après s'être desséché en passant sur de l'acide sulfurique concentré.

Les gaz ne sortaient pas toujours avec une égale vitesse du tuyau en fonte ; je ne les prenais pour en faire l'analyse, que quand la force du courant prouvait qu'ils venaient bien de l'orifice inférieur de la colonne de tuyaux.

EXPÉRIENCE N° 1.

Gaz pris à ras du gueulard.

On a obtenu les nombres suivants :

Acide carbonique	. . . .	$0^{gr.},284$
Produits de la combustion.	Eau.	0,055
	Acide carbonique.	0,576
	Oxygène cédé par l'oxyde de cuivre.	0,254

Gaz pour l'analyse.	$1^{lit.},325$
Température	25°
Baromètre.	$0^{m},747$
Gaz ramené à 0° et à $0^{m},760$.	$1^{lit.},194$

En comparant les nombres qui représentent les produits de la combustion avec celui qui donne l'oxygène absorbé, il est facile de voir que les gaz combustibles ne renferment que de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, sans mélange d'hydrogène carboné. En effet, $0^{gr.},576$ d'acide carbonique renferment, d'après MM. Dumas et Stass, les 8/11 de leur poids d'oxygène, dont la moitié, $0^{gr.},209$, a été employée à transformer l'oxyde de carbone en acide carbonique ; il reste $0^{gr.},045$ d'oxygène pour $0^{gr.},055$ d'eau recueillie. La quantité d'oxygène trouvée ne suffit pas tout à fait pour transformer l'hydrogène et l'oxyde de carbone en eau et en acide carbonique ; à plus forte raison serait-elle insuffisante si l'on admettait dans le gaz de l'hydrogène carboné.

Pour calculer les résultats donnés par l'expérience, j'ai admis que

1 litre d'acide carbonique pesait	$1^{gr.},980$
1 litre vapeur d'eau.	0,807

L'acide carbonique et la vapeur d'eau correspondent

à des volumes égaux aux leurs d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

En partant de ces données, on trouve pour la composition du gaz sec :

Acide carbonique. .	12,01
Oxyde de carbone. .	24,36
Hydrogène.	5,71
Azote.	57,92
	100,00

N° 2.

Gaz pris à ras du gueulard. La charge est basse.

	Acide carbonique. .	gr. 0,325
Produits de la combustion.	Acide carbonique. .	0,593 4/11 = 0,215
	Eau.	0,062
	Oxygène.	0,267
Volume du gaz.		1$^{lit.}$,403
Thermomètre.		24°
Baromètre.		0^{m},748
Gaz ramené à 0° et à 0^{m},760.		1$^{lit.}$,277

On voit, comme dans l'expérience précédente, que les gaz combustibles ne se composent que d'oxyde de carbone et d'hydrogène. La composition du gaz sec déduite des nombres qui précèdent, est la suivante :

Acide carbonique. .	12,85
Oxyde de carbone. .	23,49
Hydrogène.	6,01
Azote.	57,65
	100,00

Dans la même expérience, on a recueilli dans le tube à acide sulfurique :

Pour.	2$^{lit.}$,770	gaz sec.
Eau.	0$^{gr.}$,208	

Les 2^{lit.},770 ramenés à 0° et à 0,760 se réduisent à	2^{lit.},505
Volume de vapeur d'eau correspondant à 100 volumes de gaz sec.	10,28

N° 3.

Gaz pris à ras du gueulard, à charge basse.

On n'a dosé dans cette expérience que la vapeur d'eau et l'acide carbonique.

Acide carbonique.	$0^{gr.}$,351
Gaz.	$1^{lit.}$,514
Température.	30°
Baromètre.	0^{m},741
Gaz ramené à 0° et à 0,760.	$1^{lit.}$,3286
Gaz pour la vapeur d'eau. . .	2 ,610
Ramené à 0° et à 0,760. . . .	2 ,292
Eau recueillie.	$0^{gr.}$,204
Acide carbonique pour 100 vol. de gaz sec. . . .	13,34
Vapeur d'eau correspondant à 100 vol. gaz sec.	11,02

N° 4.

Gaz pris au ras du gueulard à charge haute.

	Gaz pour la vapeur d'eau. .	$2^{lit.}$,307
	Température.	24°
	Baromètre.	0^{m},738
	Ramené à 0° et à 0^{m},760. . .	2 ,062
	Eau recueillie.	$0^{gr.}$,263
	Gaz pour l'analyse.	$1^{lit.}$,596
	Ramené à 0° et à 0^{m},760. .	1 ,428
	Acide carbonique.	$0^{gr.}$,376
Produits de la combustion.	Eau.	0 ,069
	Acide carbonique.	0 ,643
	Oxygène.	0 ,290

On tire de là :

Acide carbonique.	13 ,33
Oxyde de carbone.	22 ,79
Hydrogène.	5 ,82
Azote.	58 ,06
	100 ,00

Vapeur d'eau correspondant à 100 vol. gaz sec. 15,80

n° 5.

Le gaz a été pris à ras du gueulard, quinze jours après les analyses qui précèdent, et au moyen de la bouteille d'aspiration à couche d'huile.

	Gaz pour l'analyse. . . .	1lit.,536
	Température.	18°,5
	Baromètre.	0m,735
	Gaz ramené à 0° et à 0m,760.	1lit.,3786
	Acide carbonique.	0gr.,352
Produits de la combustion.	Eau.	0 ,064
	Acide carbonique.	0 ,640
	Oxygène 0gr.,278, (ce nombre est un peu faible).	

L'oxygène correspondant à l'oxyde de carbone et à l'hydrogène indiqués par les nombres précédents serait représenté par 0gr.,290.

On tire des nombres précédents, pour la composition du gaz :

Acide carbonique.	12,89
Oxyde de carbone.	23,44
Hydrogène.	5,75
Azote.	57,92
	100,00

n° 6.

Dans les essais qui suivent, j'ai cherché à apprécier les variations dans la proportion de vapeur d'eau contenue dans les gaz aux différentes époques de la charge.

A. Gaz pris à charge haute. Le fourneau est entièrement rempli.

Volume du gaz sec.	lit. 1,560
Thermomètre.	32°
Baromètre.	0m,747
Gaz à 0° et à 0m,760.	1lit.,372
Eau recueillie.	0gr.,14
Vapeur d'eau pour 100 vol. gaz sec.	13 ,00

B Gaz pris à la suite du précédent, la charge étant à 1^{m},16 *de profondeur au-dessous du gueulard.*

Volume du gaz sec.	1$^{lit.}$,610
Température et pression comme dans l'expérience A.	
Eau recueillie.	0$^{gr.}$,125
Vapeur d'eau pour 100 vol. gaz sec.	10 ,93

C. Gaz pris à charge haute. Le tube d'aspiration repose sur le minerai.

Volume du gaz sec	1$^{lit.}$,680
Thermomètre	30°
Baromètre.	0^{m},747
Gaz à 0° et à 0^{m},760.	1$^{lit.}$,487
Eau recueillie.	0$^{gr.}$,175
Vapeur d'eau pour 100 vol. gaz sec.	14 ,58

D. Pris à charge basse (15 septembre).

Volume du gaz.	1$^{lit.}$,550
Température.	30°
Baromètre.	0^{m},744
Gaz à 0° et à 0^{m},760.	1$^{lit.}$,364
Eau.	0$^{gr.}$,060
Vapeur d'eau pour 100 vol. gaz sec.	5 ,45

E. Pris à charge haute après le précédent (15 septembre).

Volume du gaz sec.	1$^{lit.}$,470
Température.	30°
Baromètre.	0^{m},744
Gaz ramené à 0° et à 0^{m},760. . . .	1$^{lit.}$,296
Eau recueillie.	0$^{gr.}$,148
Vapeur d'eau pour 100 vol. gaz sec.	14 ,14

Le jour où les deux dernières expériences ont été faites, la flamme du fourneau à charge basse paraissait plus chaude qu'à l'ordinaire.

Je récapitule dans le tableau suivant les résultats de toutes les expériences faites sur les gaz à leur sortie du haut-fourneau.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	MOYENNES.
Acide carbonique.	12,01	12,85	13,34	13,33	12,89	»	»	»	»	»	12,88
Oxyde de carbone.	24,36	23,49	»	22,79	23,44	»	»	»	»	»	23,51
Hydrogène.	5,71	6,01	»	5,82	5,75	»	»	»	»	»	5,82
Azote.	57,92	57,65	»	58,06	57,92	»	»	»	»	»	57,79
Totaux.	100,00	100,00	»	100,00	100,00	»	»	»	»	»	100,00
Vapeur d'eau sur 100 vol. gaz sec.	»	10,28 charge basse.	11,02 charge basse.	15,82 charge haute.	»	13,00 charge haute.	10,93 charge basse.	14,58 charge haute.	5,45 charge basse.	14,14 charge haute.	»
Moyennes pour la vapeur d'eau sur 100 vol. gaz sec. . .	Charge haute. . . . . 14,38 Charge basse. 9,42										

L'examen du tableau précédent conduit aux conclusions suivantes : 1° La proportion d'eau contenue dans le gaz varie dans des limites assez étendues aux différentes époques de la charge. Elle atteint son maximum au moment où l'on vient de charger le minerai. L'expulsion de l'eau des minerais est d'autant plus rapide que la quantité de chaleur sensible que possède le courant de gaz est plus considérable, et cette quantité varie avec l'allure du fourneau.

2° La proportion de l'hydrogène et celle de l'azote paraissent à peu près constantes.

3° On observe des variations sensibles dans les proportions respectives d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, mais il est facile de s'assurer que la somme des volumes des deux gaz reste constante. Comme l'oxyde de carbone produit en brûlant un volume égal au sien d'acide carbonique, on voit que la quantité de carbone contenue dans le gaz reste invariable. La proportion d'oxygène combiné dans le courant gazeux est le seul élément qui éprouve quelque changement.

N° 7.

Le gaz est pris à 1m,33 au-dessous du niveau du gueulard, un peu après la charge.

	lit.
Gaz pour l'eau.	2,280
Température.	23°
Baromètre.	0m,747
Gaz ramené à 0° et à 0m,760.	2 ,067
Eau recueillie.	0gr.,224
	lit.
Gaz pour l'analyse.	1,428
Ramené à 0° et à 760. . . .	1,2985
Acide carbonique.	0gr.,359

Produits de la combustion.	Eau.	0gr.,063
	Acide carbonique. . . .	0gr.,572
	Oxygène.	0gr.,259

On tire de là :

Acide carbonique.	13,96
Oxyde de carbone.	22,24
Hydrogène. . . .	6,00
Azote.	57,80
	100,00

Vapeur d'eau pour 100 vol. gaz sec 13,41

N° 8.

Le gaz est pris à 2m,67 au-dessous du gueulard. L'expérience a été faite pendant que le fondeur travaillait à la tuyère ; il se perdait une partie du vent.

Gaz pour l'eau.	3lit.,400
Température.	25°
Baromètre.	0m,744
Gaz ramené à 0° et à 0m,760.	3 ,051
Eau recueillie.	0gr.,087
Gaz pour l'analyse.	2lit.,623
Ramené à 0° et à 0m,760.	2,362
Acide carbonique.	0gr.,642

Produits de la combustion.	Eau. . . .	0gr.,113	4/11 = ...	0gr.,426
	Acide carb.	1,173	Oxyg. pour l'eau.	0,099
	Oxyg. abs.	0,525		

On tire de ces nombres :

Acide carbonique.	13,72
Oxyde de carbone.	25,08
Hydrogène.	5,94
Azote.	55,26
	100,00

Vapeur d'eau pour 100 vol. gaz sec. . . 3,53

N° 9.

Gaz pris à 2^{m},67 du gueulard.

On n'a dosé dans cette expérience que l'eau et l'acide carbonique.

Gaz pour l'eau.	3$^{lit.}$,450
Thermomètre.	24°
Baromètre.	0^{m},744
Gaz ramené à 0° et à 0^{m},760. .	3 ,098
Eau condensée.	0$^{gr.}$,044
Gaz pour l'acide carbonique.	2$^{lit.}$,497
Ramené à 0° et à 0^{m},760. . .	2$^{lit.}$,274
Acide carbonique.	0$^{gr.}$,606
Acide carbonique pour 100 volumes de gaz sec. .	13,48
Vapeur d'eau pour 100 volumes de gaz sec. . .	1,77

N° 10.

Gaz pris à 2^{m},67 du gueulard.

	Gaz pour l'eau.	2$^{lit.}$,360
	Thermomètre.	25°
	Baromètre.	0^{m},741
	Gaz à 0° et à 0^{m},760.	2$^{lit.}$,133
	Eau condensée par l'acide sulfurique. . . .	0$^{gr.}$,045
	Gaz pour l'analyse. . . .	1$^{lit.}$,530
	Ramené à 0° et à 0^{m},760. .	1 ,367
	Acide carbonique. . . .	0$^{gr.}$,380
Produits de la combustion.	Eau.	0 ,060
	Acide carbonique.	0 ,613
	Oxygène absorbé.	0 ,278

Ces nombres donnent :

Acide carbonique. .	14,04
Oxyde de carbone. .	22,65
Hydrogène.	5,44
Azote.	57,87
	100,00

Vapeur d'eau pour 100 vol. gaz sec. . 2,60

Je réunis dans le tableau suivant les résultats des expériences 8, 9, 10, faites sur le gaz pris à 2m,67 de profondeur.

	(8)	(9)	(10)	MOYENNES.
Acide carbonique.	13,72	13,48	14,04	13,74
Oxyde de carbone. . . .	25,08	»	22,65	23,86
Hydrogène.	5,94	»	5,44	5,69
Azote.	55,26	»	57,87	56,71
Totaux.	100,00	»	100,00	100,00
Vapeur d'eau pour 100 vol. gaz sec.	3,53	1,77	2,60	2,63

Les expériences de cette série ne donnent pas des résultats aussi concordants que celles faites sur les gaz pris au gueulard. Dans l'expérience n° 8, la proportion d'oxyde de carbone s'élève très-notablement au dessus de la moyenne. J'essayerai plus tard d'expliquer la cause de cette composition un peu anomale.

N 11.

Le gaz est pris à 4 mètres de profondeur.

Gaz pour l'eau.		3lit.,060
Thermomètre.		25°
Baromètre.		0,738
Gaz ramené à 0° et à 0,760. . . .		2lit.,723
Eau condensée.		0gr.,021
Gaz pour l'analyse.		1lit.,530
Ramené à 0° et à 0,760.		1,361,5
Acide carbonique.		0gr.,239
Produits de la combustion.	Eau	0gr.,042
	Acide carbonique.	0gr.,760

L'oxygène absorbé dans la combustion n'a pas

été dosé; mais d'après les résultats obtenus plus haut, on peut admettre que l'hydrogène existe à l'état de liberté dans le gaz.

La composition du gaz est la suivante.

Acide carbonique. .	8,86
Oxyde de carbone.	28,18
Hydrogène. . . .	3,82
Azote.	59,14
	100,00

Vapeur d'eau pour 100 vol. gaz sec. 0,95

N° 12.

Le gaz est pris à 5m,33 *du gueulard.*

	Gaz pour l'eau.	2lit.,400	
	Baromètre.	0gr.,740	
	Thermomètre	35°	
	Gaz ramené à 0° et à 0,760.	2lit.,070	
	Eau recueillie	0gr.,007	
	Gaz pour l'analyse. . . .	1lit.,599	
	Ramené à 0° et à 0,760 . .	1.380,3	
	Acide carbonique. . . .	0gr.,061	
Produits de la combustion.	Eau.	0gr.,040	
	Acide carbonique.	0gr.,920	4/11 =0,335
	Oxygène absorbé.	0gr.,372	

Ces nombres donnent:

Acide carbonique.	2,23
Oxyde de carbone.	33,64
Hydrogène.	3,59
Azote.	60,54
	100,00

Vapeur d'eau sur 100 vol. gaz sec. 0,42

Gaz pris au sommet des étalages.

Pour analyser les gaz provenant de la partie du fourneau qu'on appelle le grand ventre, à la

rencontre des deux troncs de cône dont l'un forme la cuve et l'autre les étalages, j'ai profité d'une ouverture qui avait été réservée dans la maçonnerie lors du remontage du fourneau, et dans laquelle on avait placé un tuyau en fonte débouchant à l'extérieur. Un tuyau en cuivre, muni d'un robinet et adapté au conduit en fonte, amenait le gaz près de la cuve à mercure. Le gaz s'échappait avec bruit par le tuyau; son odeur était nauséabonde et rappelait un peu celle de l'arsenic. Les gaz pris dans les parties inférieures du fourneau, soit à Audincourt, soit à Clerval, avaient constamment cette odeur.

En allumant le gaz qui se dégage par le tuyau de cuivre, on a une flamme bleue, à bords rouges, d'une grande intensité.

J'ai fait quatre analyses de ce gaz. Voici les données de ces expériences :

	n° 13.	n° 14.	n° 15.	n° 16.
	lit.	lit.	lit.	lit.
Gaz pour l'analyse	1,574	1,585	1,589	1,558
	m.	m.	m.	m
Baromètre	0,736	0,736	0,734	0,733
Thermomètre	24°	21°,6	20°	19°,2
	lit.	lit.	lit.	lit.
Gaz à 0° et à 0,760	1,402	1,4187	1,430	1,404
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique	0,000	0,002	0,002	0,003
Produits de la combustion. — Eau	0,018	0,023	0,023	0,024
Produits de la combustion. — Acide carbonique	0,986	0,978	0,988	0,968
Produits de la combustion. — Oxygène absorbé	»	0,385	»	»
Fau condensée	»	»	»	0,006
				lit.
Gaz correspondant	»	»	»	2,943
Id. ramené à 0° et à 0,760	»	»	»	2,650

Si l'on fait abstraction des traces de vapeur d'eau et d'acide carbonique données par l'analyse, on trouve que la composition du gaz dans les quatre expériences qui précèdent est la suivante :

	(13)	(14)	(15)	(16)	MOYENNE.
Oxyde de carbone. . . .	35,51	34,82	34,89	34,81	35,01
Hydrogène.	1,59	2,00	1,98	2,12	1,92
Azote.	62,90	63,18	63,13	63,07	63,07
Totaux.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ces expériences, et surtout les trois dernières, présentent des résultats remarquablement concordants, et qui tendent à prouver que dans cette partie du fourneau, la composition du gaz est tout à fait constante.

Gaz pris dans l'ouvrage, au contrevent et à 0m,44 au-dessus de la tuyère.

A cette hauteur se trouve la séparation entre l'ouvrage et les étalages.

On a percé au fleuret un trou dans la maçonnerie, et on a introduit dans cet orifice un tube de porcelaine d'un petit diamètre. Le gaz sortait du tuyau avec une grande vitesse, et brûlait à l'extrémité avec une flamme blanche à bords bleuâtres, très-éclatante, qui déposait de l'oxyde de zinc sur les corps froids. Le tube, laissé dans le trou après l'expérience, s'est obstrué complétement par du zinc métallique au bout d'une demi-heure.

J'ai employé pour prendre le gaz, la bouteille d'aspiration à couche huileuse, que j'ai décrite plus haut. Voici les données et les résultats de cinq expériences :

	n° 17.	n° 18.	n° 19.	n° 20.	n° 21.
	lit.	lit.	lit.	lit.	lit.
Gaz pour l'analyse.	1,520	1,477	1,402	1,425	1,341
Thermomètre.	18°,5	15°	18°,5	20°	21°
	m.	m	m.	m.	m.
Baromètre.	0,735	0,734	0,734	0,732	0,732
	lit.	lit.	lit.	lit.	lit.
Gaz ramené à 0° et à 0,760.	1,377	1,340	1,268	1,279	1,200
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique.	0,026	0,003	0,000	0,006	0,005
Produits de la combustion. Eau. . . .	0,016	0,017	0,018	0,012	0,013
Produits de la combustion. Ac. carboniq.	1,132	1,063	1,010	1,084	1,036
Produits de la combustion. Oxygène. . .	»	0,393	»	»	»

Le gaz n° 19 est le même que n° 18; il est resté trois heures de plus dans la bouteille d'aspiration.

Le gaz n° 21 est le même que n° 20; il est resté quatre heures de plus dans la bouteille d'aspiration.

Les nombres qui précèdent conduisent à la composition suivante :

	n° 17.	n° 18.	n° 19.	n° 20.	n° 21.	MOYNNES.
Acide carbonique.	0,95	0,12	0,00	0,25	0,25	0,31
Oxyde de carbone.	41,51	40,06	40,22	42,80	43,36	41,59
Hydrogène. . . .	1,43	1,50	1,55	1,25	1,36	1,42
Azote.	56,11	58,42	58,23	55,70	55,04	56,68
Totaux. . .	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ces analyses ne sont pas aussi concordantes que celles des gaz pris au-dessus des étalages. Je chercherai à déterminer les causes de ces différences de composition, lorsque je comparerai les unes aux autres, les compositions des gaz pris à diverses hauteurs.

N° 22.

Gaz pris sous la tympe.

Pour aspirer le gaz dans cette partie du fourneau, qui est, comme on sait, celle par où sortent les laitiers, j'ai introduit sous la pierre de tympe un tube de porcelaine renfermé dans un canon de fusil. Le tube d'aspiration plongeait dans l'extrémité du tube de fer, et communiquait directement avec le gazomètre à mercure. Voici les résultats d'une seule expérience :

	Gaz pour l'analyse.	1lit.,556
	Température.	22°
	Baromètre.	0m,734
	Gaz ramené à 0° et à 0,760.	1lit.,388
	Acide carbonique.	0gr.,00
Produits de la combustion.	Eau.	0gr.,014
	Acide carbonique.	1gr.,411

On déduit de là pour la composition du gaz :

Oxyde de carbone. .	51,35
Hydrogène.	1,25
Azote.	47,40
	100,00

Le canon de fusil, quand on le retire, est chauffé au blanc, mais le tube de porcelaine qu'il renferme n'est pas déformé.

N° 23.

Gaz pris à l'ouverture de la tuyère.

Les expériences qui précèdent ayant établi qu'il n'existait que des traces d'acide carbonique dans les gaz des parties inférieures du fourneau, j'ai cherché à déterminer directement la composition

du gaz produit devant la tuyère par l'action de l'air sur le charbon. J'ai éprouvé, pour avoir du gaz dans cette partie du fourneau, de très-grandes difficultés. La chaleur produite est tellement intense que des canons de fusil y sont brûlés ou fondus dans l'espace d'une à deux minutes. Les tubes en porcelaine ne résistent pas mieux, et fondent complétement en très-peu de temps, lorsqu'ils n'éclatent pas sous la première impression de la chaleur.

Je me suis servi d'un tube en porcelaine d'un petit diamètre, qui a été recouvert d'une couche légère de terre réfractaire. Après le recuit, le tube ainsi luté a été placé dans un canon de fusil très-épais, qu'on a luté de la même manière que le tube de porcelaine. Pour introduire ce double tube dans le fourneau, il est nécessaire d'arrêter le vent, sans quoi on n'aurait pas le temps de prendre le gaz. Le tube étant mis en place et en saillie de $0^m,60$ hors du fourneau, on y fait plonger un tube droit qui communique avec la bouteille d'aspiration. On met celle-ci dans un vase contenant de l'eau, on enlève le bouchon de la tubulure inférieure, et l'on dispose tout pour qu'il suffise de tourner le robinet pour introduire le gaz. Au moment où l'on rend le vent au fourneau, on ouvre le robinet, et la bouteille est remplie en quelques secondes. Le courant de gaz sort par le tube avec une très-grande vitesse, en projetant tout à l'entour du laitier et de la fonte incandescente : en moins de deux minutes, toute la partie du double tuyau engagée dans le fourneau se fond.

Je n'ai pu réussir au fourneau de Clerval que dans une seule expérience, dont les résultats sont encore assez incomplets.

Le tuyau avait été enfoncé de $0^{m},12$ dans la tuyère.

Gaz.	$1^{lit.},530$
Baromètre.	$0^{m},732$
Thermomètre.	14°
Gaz ramené à 0° et à 0,760.	$1^{lit.},400$
Acide carbonique.	$0^{gr.},074$

Produits de la combustion.	Eau.	0,0
	Acide carbonique. .	0,002

En regardant comme accidentelle la petite quantité d'acide carbonique obtenue dans la combustion, on trouve pour la composition du gaz :

Acide carbonique. .	2,67
Oxygène et azote. .	97,33
	100,00

On voit déjà par cette expérience que le premier produit de l'action de l'air sur le charbon est de l'acide carbonique. Des expériences faites à Audincourt, et dont je donnerai ci-après les résultats, sont plus concluantes, et conduisent aux mêmes conséquences.

§ II.

Analyse des gaz du haut-fourneau d'Audincourt.

La *fig.* 8 représente le plan du haut-fourneau d'Audincourt, pris à la hauteur de la tuyère; les *fig.* 6, 7, représentent deux coupes verticales du même fourneau, l'une passant par la tuyère et l'axe du fourneau, l'autre suivant un plan perpendiculaire à ce dernier, de la tympe à la rustine.

Voici les dimensions principales de l'appareil :

Hauteur totale.	11 mètres.
Hauteur de la cuve.	8,67
Diamètre au gueulard	0,66
Diamètre au ventre.	2,33
Largeur de l'ouvrage.	0,45
(De la tuyère au contrevent.)	

Le haut-fourneau marche au vent chaud; la température de l'air est assez constante, et s'élève à 250°. La pression du vent est comprise entre 0,95 et 1 mètre d'eau ($0^m,070$ à $0^m,074$ de mercure). La surface de la buse est de $0^m,00321$ (32 centimètres carrés).

La charge se compose de (octobre 1841) :

4 hectol. charbon de bois, pesant . . .	92 kil.
$0^{st.}33$, bois, pesant.	115
1 hectolitre braise, pesant.	18
20 litres castine, pesant.	33
35 litres scories de forges concassées. pes.	77
60 litres minerai calcaire de Chamesol, pes.	90
105 litres minerais en grains mélangés, pes.	168

On substitue de temps à autre $0^{st.},11$ de bois à 1 hectolitre de charbon. On opère cette substitution sans rien changer au reste de la charge, lorsque le fourneau a une allure un peu trop chaude; le fourneau se refroidit alors progressivement. Quand la fonte devient d'un gris clair, après 8 ou 10 jours de ce roulement, on remplace de nouveau $0^{st.},11$ de bois par 1 hectolitre de charbon.

Le haut-fourneau a été remis en feu en février

(1) Le bois est pris sur le port d'Audincourt, où il arrive par le flottage. On le scie en bout de $0^m,15$ de longueur pour le jeter dans le fourneau. Il ne subit aucune autre préparation. Il y a en général très-peu de petit bois.

1841; il ne fabrique guère que des fontes d'affinage. Voici, dans une période de 28 jours, du 1er au 28 octobre 1841, quels ont été les résultats de son roulement.

Nombre de charges.	792		
Charbon.	2,580 hect.	pesant	59,340 kil.
Braise.	792	—	14,256
Bois.	326 stères	—	114,160

Castine.	160 hect.	26,400 kilog.
Scories de forges. . .	277	60,940
Minerai Chamesol. .	475	71,250
Minerais en grains. .	855	136,800
Produit.	90,506 kilog. fonte.	

La mise au millier est de :

m. c.	
3,60	bois.
2,85	charbon.
0,875	braise.
hect.	
1,77	castine
3,05	crasses de forges.
5,25	minerai de Chamesol.
9,43	minerai en grains.

La charge a produit en moyenne 114kil.,2 de fonte.
1 de minerai, scorie et castine a produit 0,306 de fonte.

On admet à Audincourt, pour comparer les résultats du roulement précédent à ceux où l'on n'emploie que du charbon, que le bois équivaut au tiers, et la braise à la moitié de son volume de charbon. En partant de ces données, on trouve que la consommation de charbon rapportée aux 1.000 kilogrammes de fonte produite serait de 4mc.,49 ou en poids 1032 kilogrammes.

Le lit de fusion contient approximativement :

Eau.	9,7
Carbonate de chaux. .	22,0

Peroxyde de fer. . .	26,5
Protoxyde de fer. . .	15,5
Oxyde de manganèse.	0,9
Silice.	20,0
Alumine.	5,4
	100,0

Ou, ce qui est la même chose :

Fer métallique		30,4
Matières volatiles 31,0.	Oxygène.	11,6
	Eau.	9,7
	Acide carbonique.	9,7
Matières fixes 38,6.	Silice.	20,0
	Alumine.	5.4
	Chaux.	12,3
	Protoxyde de manganèse.	0,9
		100,0

Avant de commencer à Audincourt des expériences semblables à celles que je venais de terminer à Clerval, j'ai cherché à déterminer les altérations qu'éprouve le bois en nature en descendant dans la cuve. Des expériences faites en 1837 au fourneau de Vellexon (1) m'avaient appris que le bois se carbonisait tout entier dans une certaine zone du haut-fourneau de $0^m,60$ a un mètre de hauteur, et que dans toute la partie de la cuve supérieure à cette zone, la chaleur était insuffisante pour opérer la dessiccation du bois et l'expulsion de l'eau des minerais. Les résultats que j'ai obtenus à Audincourt sont tout à fait d'accord avec les précédents. Dans une première expérience, la cloche en tôle percée de trous et contenant du bois en nature, du charbon

(1) *Annales des Mines*, t. XIV, p. 41, 3ᵉ série.

et des minerais, a été placée au bout d'une tige rigide et jetée dans le fourneau, d'où elle a été retirée à la profondeur de 3 mètres et après sept quarts d'heure de séjour. En ouvrant la cloche, après sa sortie du fourneau, j'ai trouvé que les morceaux de bois avaient absolument le même aspect que lors de leur introduction. Les minerais avaient encore leur eau de mouillage. La température du courant de gaz est donc très-faible dans toute la partie supérieure du fourneau.

Dans une seconde expérience, la cloche renfermant les mêmes matières que dans la précédente, est restée 3 heures $\frac{1}{4}$ dans le fourneau et en a été retirée à la profondeur de 4 mètres. Le bois est complétement carbonisé. Le charbon obtenu est en petits fragments et brûle sans flamme. Les minerais sont devenus magnétiques. Leur poussière est noire. Ils ont perdu toute leur eau de combinaison et une partie de leur oxygène.

On voit donc que la carbonisation du bois en nature s'opère à Audincourt d'une manière complète sur une hauteur de moins d'un mètre et dans un temps fort court qui ne paraît pas dépasser une heure $\frac{1}{2}$. La zone de la carbonisation est située entre 3 et 4 mètres au-dessous du gueulard. Il était essentiel d'en déterminer la position, pour pouvoir apprécier l'influence des produits de la distillation du bois sur la composition du courant de gaz.

J'ai employé, pour avoir du gaz provenant de diverses hauteurs dans la cuve, les mêmes moyens qu'à Clerval, c'est-à-dire une colonne de tuyaux en fonte assemblés les uns aux autres jusqu'à la profondeur voulue. Les gaz pris au-dessous de la profondeur de 6^m,67 à partir du gueulard l'ont

été par des ouvertures pratiquées dans la maçonnerie du fourneau.

Je me suis servi dans toutes les analyses de la bouteille d'aspiration à couche d'huile pour recueillir le gaz. Le gazomètre à mercure et les appareils pour l'analyse étaient placés dans une pièce voisine du haut-fourneau.

Gaz pris au niveau du gueulard.

N° 24.

Le gaz est pris à charge haute.

Gaz pour l'analyse		1lit.,590
Température		15°5
Baromètre		0m,733
Gaz ramené à 0° et à 0,760		1lit.,451
Acide carbonique		0gr.,325
Produits de la combustion.	Eau	0gr.,075
	Acide carbonique	0,743
	Oxygène absorbé	0,323

N° 25.

Gaz pris à charge basse au niveau du gueulard.

Gaz pour l'analyse		1lit.,552
Température		14°
Baromètre		0m,735
Gaz ramené à 0° et à 0,760		1lit.,431
Acide carbonique		0gr.,395
Produits de la combustion.	Eau	0,075
	Acide carbonique	0,740
	Oxygène	0,336

N° 26.

Gaz pris à charge basse au niveau du gueulard.

Gaz pour l'analyse	1lit.,195
Thermomètre	16°

Baromètre.		0m,732
Gaz ramené à 0° et à 0,760. . .		1lit.,0874
Acide carbonique.		0gr.,261
Produits de la combustion.	Eau.	0,057
	Acide carbonique.	0,534
	Oxygène.	0,241

J'ai fait dans cette expérience deux déterminations directes d'azote dont voici les données.

	(1) c.c.	(2) c.c.	
Gaz écoulé.	188	337	= V
Eau recueillie.	110	200	= v
Différence de niveau. .	0m,240	0m,220	
Azote calculé pour 100 vol. du gaz. . .	56,76	56,90	= A

La proportion d'azote contenue dans le gaz qui est sorti du gazomètre à mercure sera donnée par la formule :

$$A = \frac{v(H-h)}{VH}$$

Dans laquelle v représente le volume de l'eau écoulée ;

V le volume du gaz sorti dans le même temps du gazomètre ;

H la pression barométrique du lieu et de l'instant de l'expérience ;

h la différence de niveau entre l'extrémité du tube d'écoulement et le niveau de l'eau dans la bouteille, réduite en millimètres de mercure et augmentée de la tension maximum de la vapeur d'eau à la température à laquelle on opère.

N° 27.

Le gaz est pris au gueulard pendant qu'on charge.

. . .

(On a remplacé $0^m,10$ de charbon par $0^m,11$ de bois).

Gaz pour l'analyse.		$1^{lit.},590$
Baromètre.		$0^{gr.},735$
Thermomètre.		8°
Gaz ramené à 0° et à 0,760. .		$1^{lit.},494$
Acide carbonique.		$0^{gr.},383$
Produits de la combustion.	Eau.	0 ,082
	Acide carboniq. .	0 ,715
	Oxygène absorbé.	0 ,333

Déterminations directes de l'azote.

	(1)	(2)
	c.c.	c.c.
Gaz écoulé V.	337	435
Eau recueillie v.	202,5	255
Différence de niveau.	$0^m,260$	0,310
Azote p. 0/0.	57,8	56,2

N° 28.

Déterminations de vapeur d'eau dans les gaz du gueulard.

Lorsqu'on aspire le gaz dans le fourneau, le tube d'aspiration se couvre entièrement de gouttelettes d'eau et de matières huileuses brunes; toutes ces matières ont été dosées ensemble, en faisant passer le gaz à travers un tube à ponce renfermant de l'acide sulfurique concentré. Le tube d'aspiration était légèrement chauffé sur toute sa longueur pour empêcher l'eau de s'y déposer.

Voici les données de quatre expériences.

	1 Ch. haute.	2 Ch. basse	3 Ch. basse.	4 Ch. haute.
Eau écoulée.	1,560	1,590	1,610	1,520
Différence de niveau.	0m,350	0m,390	0m,355	0m,350
Baromètre.	0,735	0,735	0,734	0,735
Thermomètre. . . .	13°	13°	14°	14°
Gaz ramené à 0° à l'état sec et à 0,760. .	1,365	1,371	1,400	1,322
Eau recueillie par l'acide sulfurique. . .	0gr.,303	0gr.,181	0gr.,283	0gr.,239
Vapeur d'eau pour 100 vol. de gaz sec.	27,5	16,3	24,9	22,3

Je récapitule dans le tableau suivant les résultats de toutes les analyses des gaz du gueulard. J'ai calculé tous ces résultats en admettant, comme pour les gaz du fourneau de Clerval, que l'hydrogène s'y trouvait à l'état de liberté, et cette supposition s'accorde bien avec toutes les déterminations de l'oxygène absorbé. L'azote a été dosé par différence, et l'on peut voir, en comparant le nombre ainsi obtenu avec celui trouvé directement, que les deux déterminations sont bien concordantes.

	(24)	(25)	(26)	(27)	MOYENNES.
Acide carbonique. . . .	11,31	13,97	12,12	12,95	12,59
Oxyde de carbone. . .	25,86	26,12	24,81	24,17	25,24
Hydrogène.	6,46	6,49	6,48	6,77	6,55
Azote par différence. .	56,37	53,42	56,59	56,11	55,62
Totaux.	100.00	100,00	100,00	100,00	100,00
Azote directement. . . .	»	»	56,83	57,00	»

Les analyses 24, 26, 27 donnent des résultats bien comparables à ceux du haut-fourneau de Clerval. On voit l'acide carbonique diminuer quand l'oxyde de carbone augmente, de manière que la somme des volumes des deux gaz reste constante. L'expérience n° 25 donne seule un excès assez notable d'acide carbonique et d'oxyde de carbone. Quant à la proportion de vapeur d'eau, elle paraît très-variable et ses variations sont sans rapport avec la hauteur de la charge, résultat qui n'a rien d'étonnant, puisque l'expulsion de l'eau des minerais et des produits volatils de la distillation du bois ne se fait qu'à 3 ou 4 mètres de profondeur. Cette proportion d'eau est en moyenne près du double de celle que contiennent les gaz des fourneaux au charbon de bois. Il faut ajouter pourtant que l'eau est estimée un peu trop haut, puisqu'on y a compris les vapeurs d'acide acétique et les différents produits huileux, condensables par l'acide sulfurique concentré. Par le même motif, le résultat de l'analyse du gaz ne donne pas la valeur exacte des matières combustibles qu'il contient.

Il est remarquable que ces gaz permanents, provenant en partie de la distillation du bois, ne renferment que de l'hydrogène libre comme ceux des fourneaux alimentés avec du charbon seul; il semblerait résulter de ce fait que le bois, en se distillant, ne donne pas d'hydrogène carboné à l'état de gaz permanent, mais seulement de l'hydrogène chargé de vapeurs huileuses et de carbures d'hydrogène condensables par l'acide sulfurique concentré.

Nos 29 et 30.

Gaz pris à 3m,33 de profondeur.

Après avoir constaté que le bois et les minerais n'éprouvaient aucune altération jusqu'à 3 mètres de profondeur, j'ai pensé qu'il était inutile d'analyser les gaz dans les points intermédiaires, et j'ai fait descendre les tuyaux en fonte jusque dans la partie de la cuve où la distillation commence à s'opérer. Voici les données de deux analyses.

		N° 29.	N° 30.
Gaz pour l'analyse		1lit.,600	1lit.,610
Thermomètre		8°	9°
Baromètre		0m,735	0m,730
Gaz ramené à 0° et à 0,760		1lit.,503	1lit.,495
Acide carbonique		0gr.,510	0gr.,349
Produits de la combustion.	Eau	0,100	0,084
	Acide carbonique	0,653	0,748
	Oxygène absorbé	0,324	»

On tire de ces nombres la composition suivante :

	N° 29.	N° 30.
Acide carbonique	17,14	11,79
Oxyde de carbone	21,97	25,27
Hydrogène	8,24	6,91
Azote (par diff.)	52,65	56,03
	100,00	100,00

Deux déterminations d'azote faites pendant l'expérience n° 29 ont donné :

	(1) cc.	(2) cc.
Gaz écoulé V	308	388
Eau recueillie v	167	207
Différence de niveau	0,225	0,240
Azote sur 100 vol.	52,4	51,6

Deux déterminations de vapeur d'eau contenue dans le gaz pris à cette même profondeur de 3m,33 ont donné :

	(1)	(2)
Eau écoulée.	1lit.,620	1lit.,550
Température.	16°	14°
Baromètre.	0m,734	0m,730
Différence de niveau. . .	0 ,40	0 ,39
Gaz ramené à l'état sec, à 0°, et à 0,760.	1lit.,401	1lit.,337
Eau condensée.	0,gr.180	0gr.,195
Vapeur d'eau correspondante à 100 vol. gaz sec.	15 ,9	18 ,0

On s'aperçoit aisément en prenant le gaz qu'il renferme encore beaucoup de produits de la distillation du bois. Il se dépose du goudron dans les tubes d'aspiration.

Les résultats des expériences nos 29 et 40 diffèrent beaucoup entre eux. J'essayerai plus bas d'expliquer la cause de cette variation.

Nos 31 et 32.

Gaz pris à 4m,33 de profondeur.

Dans ces expériences et toutes celles qui suivent, il ne se dépose plus ni eau, ni goudron dans les tubes d'aspiration, ce qui prouve que le bois est, à cette profondeur, complétement carbonisé. Le gaz brûle à l'extrémité du tuyau en fonte avec une flamme bleue de trois à quatre pieds de hauteur.

	No 31.	No 32.
Gaz pour l'analyse.	1lit.,570	1lit.,629
Thermomètre.	12°5	12°5
Baromètre.	0m,720	0m,720
Gaz ramené à 0° et à 760.	1lit.,422	1lit.,475
Acide carbonique.	0gr.,276	0gr.,272

Produits de la combustion.	Eau.	0gr.,068	0gr.,062
	Acide carbonique. .	0 ,813	0 ,840
	Oxygène absorbé. . .	0 ,354	(n'a pas été dosé.)

Déterminations directes d'azote.

N° 31.	(1)	(2)	N° 32.	(1)	(2)
	c. c.	c. c.		c. c.	c. c.
Gaz écoulé V.	370	420	Gaz écoulé V.	295	460
Eau recueill. v.	210	241	Eau recueill. v.	172	269
Diff. de niveau.	0^{m},260	0^{m},240	Diff. de niveau.	0^{m},260	0^{m},240
Azote p. 100.	54,4	55,1	Azote p. 100.	55,8	56,4
Moyenne. .	54,75		Moyenne. .	56,2	

En calculant comme à l'ordinaire l'azote par différence, on trouve pour la composition du gaz dans les deux expériences 31 et 32.

	(31)	(32)	Moyenne.
Acide carbonique. . .	9,80	9,31	9,55
Oxyde de carbone .	28,88	28,76	28,82
Hydrogène.	5,92	5,21	5,56
Azote.	55,40	56,72	56,07
	100,00	100,00	100,00

Une expérience faite pour doser l'eau, m'a donné 0gr.,026 d'eau contenue dans 2l,50 de gaz supposé sec, ramené à 0° et à 0,760 ou 1,47 pour cent volumes de gaz sec.

Exp. 33 et 34.

Le gaz est pris à 5^{m},50 *au-dessous du gueulard.*

Le courant de gaz sort par le tuyau de fonte avec une grande vitesse, en projetant tout à l'entour des grains de minerai et de petits morceaux

de charbon ; quand on l'allume, il brûle avec une flamme bleue de plusieurs pieds de hauteur.

	N° 33.	N° 34.
Gaz pour l'analyse, ...	1lit.,600	1lit.,570
Baromètre.	0m,715	0m,717
Thermomètre.	11°,5	13°
Gaz ramené à 0° et à 0,760.	1lit.,446	1lit.,414
	gr	gr.
Acide carbonique.	0,186	0,241
Produits de la combustion. { Eau. . . .	0,053	0,053
Produits de la combustion. { Acide carb.	0,865	0,836

Déterminations directes d'azote.

N° 33.

	(1)	(2)	(3)
V.	365 c.c.	372 c.c.	472 c.c.
v.	221	220	282
Différ. niveau. .	0,265	0,245	0,221
Azote p. 0/0. . .	58,0	57,5	57,4
Moyenne. . . .		57,6	

N° 34.

	(1)	(2)
V.	350 c.c.	740
v.	207,5	435
Différ. niveau. . . .	0,285	0,245
Azote.	56,62	56,10
Moyenne.	56,36	

En dosant l'azote, par différence, dans les deux expériences, on trouve :

	N° 33.	N° 34.	Moyenne.
Acide carbonique.	6,49	8,60	7,54
Oxyde de carbone.	30,21	29,85	30,03
Hydrogène.	4,54	4,64	4,59
Azote.	58,76	56,91	57,84
	100,00	100,00	100,00

N° 35.

Gaz pris à 6m,67 du gueulard.

Le gaz sort par le tuyau de fonte avec une vitesse considérable, et produit en s'allumant, un jet de flamme d'une grande élévation; des fragments de charbon et des grains de minerai sont lancés au dehors par le courant de gaz.

Une seule expérience a donné :

Gaz pour l'analyse		1lit.,595
Baromètre.		0m ,717
Thermomètre.		11°,5
Gaz ramené à 0° et à 0,760.		1lit.,442
Acide carbonique.		0gr.,109
Produits de la combustion.	Eau.	0 ,047
	Acide carb.	0 ,979

Déterminations directes d'azote :

	1.	2.	3.	Moyenne.
V.	328cc.	378cc.	502cc.	
v.	199	229	300	
Différence.	0m,275	0m,260	0m,235	
Azote. . .	58,04	58,00	57,42	57,82

En dosant l'azote, par différence, on trouve :

Acide carbonique. . .	3,81
Oxyde de carbone. .	34,28
Hydrogène.	4,04
Azote.	57,87
	100,00

Nos 36, 37, 38.

Gaz pris à 8m,04 du gueulard.

On a extrait le gaz du haut-fourneau par un orifice percé dans la maçonnerie; le trou pratiqué

est sur la face du contrevent, à 2m,96 du fond du creuset, et à 0m,63 au-dessus du grand ventre; la flamme qui sort par cet orifice est blanche, et possède l'odeur nauséabonde des gaz pris aux étalages du fourneau de Clerval.

Voici les résultats de trois expériences:

		N° 36.	N° 37.	N° 38.
Gaz pour l'analyse.		1lit.,610	1lit.,610	1lit.,319
Baromètre.		0 ,740	0 ,736	0 ,734
Thermomètre.		13°,5	14°	16°
Gaz ramené à 0° et à 0,760.		1lit.,494	1lit.,483	1lit.,203
Acide carbonique.		0gr.,004	0gr.,010	0gr.,005
Produits de la combustion.	Eau.	0 ,025	0 ,021	0 ,015
	Acide carb.	1 ,119	1 ,056	0 ,843

On tire de là:

	N° 36.	N° 37.	N° 38.	Moyenne.
Acide carbonique.	0,13	0,33	0,18	0,21
Oxyde de carb.	37,82	35,96	35,39	36,39
Hydrogène.	2,05	1,75	1,56	1,79
Azote.	60,00	61,99	62,87	61,61
	100,00	100,00	100,00	100,00

N° 39.

Le gaz est pris au contrevent, vis-à-vis de la tuyère et au même niveau.

Le fourneau a été percé au fleuret (1); on a introduit dans l'orifice, un tube en porcelaine d'un petit diamètre.

On a obtenu les nombres suivants :

(1) La tour du fourneau présente quatre embrasures, afin qu'on puisse, en cas d'engorgement du fourneau, placer des tuyères supplémentaires sur les faces de rustine et de contrevent. Cette disposition a facilité beaucoup le percement des trous pour l'extraction des gaz.

Acide carbonique.		0gr.,00
Produits de la combustion.	Eau. . . .	0,009
	Acide carb..	1,300
Gaz pour l'analyse.		1lit.,469
Thermomètre.		14°
Baromètre.		0,736
Gaz ramené à 0° et à 0,760.		1lit.,353

On tire de là :

Oxyde de carbone. . .	48,52
Hydrogène.	0,90
Azote.	50,58
	100,00

N· 40

Gaz pris à la rustine, dans la partie du creuset opposée à la poitrine du fourneau, à la hauteur de la tuyère.

La prise de gaz a eu lieu de la même manière que dans l'expérience précédente :

Gaz pour l'analyse.		1lit.,457
Baromètre.		0m,735
Thermomètre.		13°,5
Gaz ramené à 0° et à 0,760.		1lit.,343
Acide carbonique.		0gr.,00
Produits de la combustion.	Eau.	,014
	Acide carb.	1 ,252

Composition :

Oxyde de carbone. . : .	47,08
Hydrogène.	1,31
Azote.	11,62
	100,00

N°s 41, 42, 43.

Ces trois expériences ont eu pour but d'analyser

les gaz pris dans l'ouverture de la tuyère; la soustraction du gaz a été opérée de la manière indiquée à l'occasion des expériences analogues tentées au fourneau de Clerval. J'ai obtenu à Audincourt des résultats plus satisfaisants, après un certain nombre d'essais manqués par suite de la fusion ou de l'obstruction des tubes.

N° 41.

Le tube qui amène le gaz hors du fourneau, plonge de $0^m,10$ dans l'ouverture de la tuyère; on donne tout le vent.

Gaz pour l'analyse.		$1^{lit.},225$
Baromètre		0,740
Thermomètre.		16^0
Gaz ramené à 0° et à 0,750.		$1,^{lit.}154$
Acide carbonique.		$0^{gr.},077$
Produits de la combustion.	Eau.	0,0
	Acide carb.	0,0

On tire de là :

Acide carbonique. . . .	3,37
Oxygène et azote. . . .	96,63
	100,00

N° 42.

Le double tube plonge de $0^m,15$ à $0^m,20$ dans la tuyère; on donne tout le vent.

Gaz pour l'analyse.		$1^{lit.},510$
Baromètre.		0 ,735
Thermomètre.		14°
Gaz ramené à 0° et à 0,760.		$1^{lit.},387$
Acide carbonique.		$0^{gr.},174$
Produits de la combustion.	Eau.	0 ,001
	Acide carb.	0 ,001

En négligeant les traces d'eau et d'acide carbonique produites dans la combustion, on trouve pour la composition du mélange gazeux :

Acide carbonique.	6,34
Oxygène et azote.	93,66
	100,00

N° 43.

Dans cette expérience, on a introduit le double tuyau qui sert à l'extraction du gaz, dans le vide qui se trouve entre la tuyère et la pierre de tuyère ; on laisse environ un pouce d'intervalle entre la pierre et la tuyère en métal, et on remplit ce vide avec de la terre réfractaire ; le tuyau a été introduit dans cet intervalle, et enfoncé de $0^m,20$ environ dans le fourneau ; on n'a pas donné tout le vent au moment de la prise du gaz.

Gaz pour l'analyse.		1lit.,380
Baromètre.		0,735
Thermomètre.		13°
Gaz ramené à 0° et à 0,760.		1gr.,274
Acide carbonique		0 ,066
Produits de la combustion.	Eau.	0 ,011
	Acide carb.	0 ,733

On tire de là :

Acide carbonique	2,61
Oxyde de carbone.	29,05
Hydrogène.	1,06
Azote.	67,28
	100,00

. . . .

Les trois expériences qui précèdent montrent d'une manière claire que l'oxygène de l'air se transforme d'abord, en arrivant dans le fourneau,

en acide carbonique qui se change très-rapidement en oxyde de carbone; les deux premières expériences se rapportent à de l'air qui renferme encore beaucoup d'oxygène; la dernière à un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone. Le volume d'oxygène, qui correspond dans l'air atmosphérique à 67,28 d'azote, est 17,67; celui que contient le gaz est $2,61+\frac{29,05}{2}=17,13$.

La différence entre les deux nombres est peu importante, et peut être attribuée à la difficulté de ce genre d'expériences. On peut aussi conclure de ce résultat, qu'il n'y a pas oxydation d'une proportion notable de fer, au passage des minerais devant la tuyère.

§ III.

Analyse des gaz du cubilot de Clerval.

Je place à la suite de mes expériences sur les gaz des hauts-fourneaux, quelques analyses de gaz du Vilkinson de Clerval. On sait que ces appareils sont des fourneaux à cuve cylindrique, destinés à refondre la fonte pour les moulages; on charge, par la partie supérieure, du coke et de la fonte, et on injecte l'air à la base du cubilot, par une buse très-large qui communique avec la caisse d'un ventilateur; on ne charge dans cet appareil que des matières non oxydées, et par conséquent l'oxygène contenu dans le gaz provient en totalité de l'air injecté. Il doit y avoir une certaine analogie entre les gaz sortant d'un cubilot et ceux qui se produisent dans l'ouvrage des hauts-fourneaux au coke; ces gaz brûlent avec flamme au contact de l'air.

La hauteur totale du cubilot est de $1^m,67$; son

diamètre de 0m,50; la 1re tuyère est à 0m,33 du fond; on peut fondre par jour dans cet appareil, 5000 à 6000 kilog. de fonte. La charge se compose de 60 kilog. de fonte et 19 kilog. de coke. Il faut, pour avoir la consommation totale en coke, ajouter à celui qu'on emploie dans le cours du roulement, 250 kilog. qui sont nécessaires pour le remplissage de chaque jour; le déchet sur la fonte est en moyenne de 5 p. o/o.

Dans les trois expériences qui suivent, le gaz a été extrait à l'aide de la bouteille d'aspiration à couche d'huile; le tube de verre plongeait dans l'extrémité d'un canon de fusil recourbé à angle droit, et dont une des branches était engagée de 0m,10 dans le cubilot.

		N° 44	45	46.
Gaz pour l'analyse.		1350 c.c.	1445 c.c.	1022 c.c.
Baromètre.		0,734	0,732	0,732
Thermomètre.		22°	21°	22°
Gaz ramené à 0 et à 0m,760.		1207 c.c.	1292 c.c.	909 c.c.
Acide carbonique.		0gr.,265	0gr.,305	0gr.,218
Produits de la combustion.	Eau.	0 ,008	0 ,010	0 ,007
	Acide carb.	0 ,362	0 ,305	0 ,314

(L'analyse n° 46 se rapporte au même gaz que celle n° 45; il est resté trois heures de plus dans la bouteille d'aspiration.)

Ces nombres donnent :

	Nos 44	45	46
Acide carbonique.	11,08	11,91	12,11
Oxyde de carbone.	15,14	11,91	11,98
Hydrogène.	0,82	0,99	0,95
Azote.	72,96	75,19	74,96
	100,00	100,00	100,00

Le gaz auquel se rapportent les deux dernières

analyses, avait été pris dans un moment où l'on forçait la marche du ventilateur, ce qui produisait une descente très-rapide des charges. Quand le cubilot marche aussi vite, il y a moindre consommation de coke, mais le déchet sur la fonte augmente; les gaz doivent donc renfermer dans ce cas une moindre proportion d'oxygène combiné, puisqu'une partie passe à l'état de combinaison avec le fer dans les scories. On peut vérifier cette conjecture; en effet, pour 100 volumes d'azote, la proportion d'oxygène contenue dans l'air est de 26,26; celle qui correspond à 100 d'azote, dans les gaz du cubilot, est la suivante :

Nos 44	45	46.
25,54	23,76	24,13

On voit aussi que dans tous les cas, il reste dans les gaz du cubilot une proportion considérable d'acide carbonique.

CHAPITRE III.

Application des résultats précédents à la théorie des hauts-fourneaux.

Avant de comparer entre eux les résultats des analyses qui précèdent, il est convenable d'indiquer ici les bases de ces rapprochements. La masse d'air atmosphérique lancée dans la partie inférieure du fourneau, entraîne avec elle, en le traversant de bas en haut, la presque totalité du carbone, l'oxygène des minerais, l'acide carbonique du carbonate de chaux, enfin, l'eau de combinaison des minerais. Parmi tous les éléments de l'air introduit, un seul se trouve en même quantité à

sa sortie et à son entrée dans le fourneau, c'est l'azote, corps qui n'existe en quantité notable dans aucune des matières composant le lit de fusion. Si donc on veut apprécier exactement de quelle manière varient les proportions respectives des autres éléments, ou plutôt si l'on veut découvrir quelles modifications éprouve une même tranche d'air atmosphérique en s'élevant depuis la tuyère jusqu'au gueulard, il faut rapporter la quantité de chacun des éléments contenus dans le gaz à chaque hauteur, à une même quantité de l'élément invariable, l'azote; à la suite de chaque analyse, j'indiquerai donc : 1° le volume de vapeur de carbone correspondant à 100 volumes d'azote dans le gaz analysé; 2° le volume de l'oxygène qui excède, dans le gaz, celui correspondant à 100 volumes d'azote dans l'air atmosphérique; 3° le volume d'hydrogène correspondant au même volume d'azote.

Si le gaz, dans son mouvement d'ascension à travers le mélange de combustible et de minerai, avait la même composition sur toute la largeur d'une même tranche horizontale, il est évident que la composition du courant gazeux serait représentée par celle du gaz pris en un point quelconque de cette tranche, sur une surface très-faible, comparativement à son étendue totale. Mais il n'en est pas ainsi d'une manière absolue, et il est facile d'en montrer la cause : il me semble qu'on doit l'attribuer à la difficulté qu'éprouve ce courant à traverser le mélange de minerai et de combustible; plus ce mélange sera perméable, plus la composition de la tranche sera constante. Si les minerais sont en grains très-fins, si la majeure partie du charbon est en menu, la distri-

bution du courant dans le fourneau sera loin d'être la même aux différents points d'une même section horizontale; il se formera dans la colonne de charbon et de minerais, des espèces de cheminées par où passera la majeure partie du gaz. Parmi les molécules d'air introduites au même instant dans le fourneau, toutes n'arriveront pas au gueulard en même temps, et cette circonstance seule prouve qu'il n'y aura pas identité dans les modifications chimiques qu'elles subiront.

Cette irrégularité dans la distribution du courant de gaz, est un fait qui s'observe dans tous les fourneaux, et qui est surtout saillant dans ceux où l'on emploie une forte proportion de bois en nature. Ce combustible se carbonise, comme on l'a vu, d'une manière assez rapide dans le fourneau, et produit un charbon friable, beaucoup moins cohérent que le charbon de meules. Au fourneau d'Audincourt, on voyait très-souvent la presque totalité du courant de gaz sortir, tantôt sur une des parois de la cuve, tantôt sur la paroi opposée. Dans les hauts-fourneaux alimentés uniquement avec du charbon de bois, il est rare d'observer d'aussi grandes inégalités dans la distribution du courant, mais on voit constamment qu'il s'échappe du fourneau en suivant les parois de la cuve; la résistance au mouvement du fluide est moindre entre cette surface et le lit de fusion, que dans l'intérieur du lit de fusion lui-même.

C'est surtout lorsqu'on arrive dans une zone du fourneau où le courant éprouve de grandes modifications dans sa nature, que la cause d'irrégularité que je viens de signaler se fait sentir dans les résultats des analyses. On a pu remarquer une différence considérable entre les nombres fournis

par deux analyses de gaz pris au fourneau d'Audincourt à la profondeur de $3^m,33$, c'est-à-dire dans la région même où le bois se distille. Dans une des expériences, les produits de la distillation du bois se trouvent en plus grande proportion que dans l'autre. On peut observer le même fait dans les résultats des quatre analyses du gaz pris au gueulard; mais ici l'inégalité est beaucoup moins marquée, parce que l'on est plus éloigné du point où s'opère le mélange des gaz produits par la distillation du bois avec ceux provenant des parties inférieures du fourneau.

Les légères variations observées dans la composition des gaz pris au gueulard du fourneau de Clerval tiennent à une cause analogue, et la manière dont ces variations s'opèrent le prouve clairement. On voit, en effet, que l'hydrogène et l'azote restent constants; on n'observe de différences qu'entre les proportions respectives d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, mais la somme des volumes des deux gaz reste invariable. Or, comme l'oxyde de carbone ne change pas de volume en se transformant en acide carbonique, on voit que les variations observées tiennent à ce que l'action réductive de l'oxyde de carbone sur l'oxyde de fer s'est exercée d'une manière plus ou moins complète dans la marche ascensionnelle du gaz sur la hauteur de la cuve. J'ai cherché à reconnaître si ces changements de composition correspondaient à quelques dérangements dans la marche du fourneau, à des chutes de minerai, mais je n'ai rien observé de semblable, ce qui tend à prouver que la composition moyenne du courant est la même, quoique les résultats des analyses présentent de légères variations.

On doit conclure de ce qui précède, que l'analyse donnera des résultats constants, à une même hauteur, et la composition moyenne de la tranche lorsque le temps pendant lequel on aspirera le gaz sera considérable. Ainsi les résultats des analyses que j'ai faites en 1839 au gueulard du fourneau de Clerval, sont bien concordants (1), et j'attribue ce fait à la durée de la prise du gaz qui s'opérait pendant tout le temps de la combustion.

Je dois signaler pourtant une cause qui occasionnera des changements notables dans la composition moyenne d'une même tranche de gaz, à différents instants du roulement, et en supposant le lit de fusion toujours le même. C'est l'irrégularité dans l'introduction de l'air dans le fourneau. Une expérience faite à Clerval (n° 8), au moment même où l'on perdait une partie du vent, prouve que dans ce cas les gaz renferment plus de

(1) La moyenne des analyses faites en 1839 au gueulard du haut-fourneau, dans son roulement normal, en faisant abstraction de l'eau et en admettant que l'hydrogène se trouve dans le gaz à l'état de liberté, est la suivante :

Acide carbonique.	13,03
Oxyde de carbone.	20,11
Hydrogène.	7,52
Azote.	59,34
	100,00

Il y a un peu plus d'hydrogène et d'azote dans ces premières expériences que dans la moyenne de celles décrites dans ce mémoire. L'excès d'hydrogène provient sans doute de ce que le condenseur à potasse communiquait directement avec le tube à combustion. L'azote n'a varié que de 58 à 59,3.

carbone et d'oxygène que dans le roulement normal du fourneau. Lorsqu'on arrête tout à fait le vent, en bouchant la tuyère, comme cela arrive pendant la coulée, on observe que le dégagement du gaz continue au gueulard, et il est évident qu'il doit s'appauvrir de plus en plus en azote, puisqu'il ne provient plus que de la réaction du charbon ou de l'oxyde de carbone sur l'oxyde de fer, réaction qui continue tant que la température du mélange ne s'abaisse pas au-dessous d'un certain degré. Une diminution brusque dans la quantité d'air introduit, doit donc produire un certain changement dans la composition du gaz sortant du fourneau.

Les deux tableaux suivants renferment les moyennes des analyses faites dans chacun des fourneaux, aux différentes hauteurs que j'ai indiquées.

1° *Haut-fourneau de Clerval.*

	Gaz pris au gueulard.	A 1m,33 de profondeur.	A 2m,67.	A 4 mètres.	A 5m,33.	A 5m,67 (grand ventre).	Ouvrage à 0m,44 au-dessus de la tuyère.	GAZ PRIS A LA HAUTEUR DE LA TUYÈRE. Tympe.	Tuyère à 0m,10 de profondeur.	Calculé. (1)	Calculé. (2)
Acide carbonique	12,88	13,96	13,76	8,86	2,23	0,0	0,31	0,0	2,67	20,80	0,0
Oxyde de carbone	23,51	22,24	22,65	28,18	33,64	35,01	41,59	51,35	0,0	»	34,43
Hydrogène	5,82	6,00	5,44	3,82	3,59	1,92	1,42	1,25	0,0	»	»
Azote	57,79	57,80	58,15	59,14	60,54	63,07	56,68	47,40	79,20	79,20	65,57
Oxygène	»	»	»	»	»	»	»	»	18,13	»	»
Totaux	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	10,000	100,00	100,00
Vapeur d'eau pour 100 v., gaz sec.	11,90	13,41	2,63	0,95	0,42	0	0	0	»	»	»
Id. de carbone pour 100 v., azote.	31,5	31,4	31,3	31,3	29,6	27,7	36,9	54,1	1,7	13,17	26,26
Oxyg. en excès sur 100 v., azote.	16,4	17,1	16,9	12,6	5,3	1,5	11,0	27,9	»	»	»
Hydrogène pour 100 vol., azote.	10,0	10,3	9,4	6.4	5,9	3,0	2,5	2,6	»	»	»

2° *Haut-fourneau d'Audincourt.*

	Au gueulard.	A 3m,33 de profondeur.	A 4m,33.	A 5m,50.	A 6m,67.	A 8m,04 de profondeur.	HAUTEUR DE LA TUYÈRE. Contre-vent.	Rustine.	Tuyère à 0m,10 de profondeur.	Tuyère à 0m,15 de profondeur.	Tuyère sur le côté.	Calculé. (1)	Calculé. (2)
Acide carbonique.	12,59	14,46	9,55	7,54	3,81	0,21	0,0	0,0	3,37	6,34	2,61	20,80	0,0
Oxyde de carbone.	25,24	23,62	28,82	30,03	34,28	36,39	48,52	47,08	»	»	29,05	»	34,43
Hydrogène. . . .	6,55	7,53	5,56	4,59	4,04	1,79	0,90	1,30	»	»	1,06	»	»
Azote.	55,62	54,39	56,07	57,84	57,87	61,61	50,58	51,62	79,20	79,20	67,28	79,20	65,57
Oxygène.	»	»	»	»	»	»	»	»	17,43	14,46	»	»	»
Totaux. . . .	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Vapeur d'eau pour 100 vol., gaz sec.	22,7	17,0	1,47	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Vapeur de carbone pour 100 v., azote.	34,0	35,0	34,2	32,5	32,6	29,7	47,9	45,6	2,1	4,0	23,6	13,13	26,26
Oxygène en excès sur 100 v., azote.	19,1	22,0	16,5	12,8	9,9	3,7	21,7	19,4	=	=	—0,7	=	=
Hydrogène pour 100 vol., azote.	11,9	13,8	9,9	7,9	6,9	2,9	1,7	2,5	»	»	1,6	0	0

L'examen des tableaux précédents conduit aux conclusions suivantes, que je présenterai pour chacun des fourneaux successivement.

1° Dans le fourneau de Clerval, où l'on ne consomme que du charbon de bois, la proportion de vapeur d'eau contenue dans le gaz diminue rapidement de 1m,33 à 2m,67 de profondeur au-dessous du gueulard; les autres principes constituants du mélange gazeux ne varient que dans des limites peu étendues.

2° A mesure qu'on descend dans le fourneau, de 2m,67 jusqu'à 5m,67, on voit la proportion d'oxyde de carbone augmenter, en même temps que l'acide carbonique et l'hydrogène diminuent. A la profondeur de 5m,67, l'acide carbonique a complétement disparu, et la quantité d'oxygène combinée dans le gaz en sus de celle qui correspond à l'azote, s'est abaissée de 16,4 à 1,5, c'est-à-dire au 1/10 de ce qu'elle était au gueulard. La proportion de vapeur de carbone, rapportée à 100 volumes d'azote, reste constante jusqu'à 4 mètres de profondeur. A partir de ce point jusqu'à 5m,67, elle varie de 31,3 à 27,7. La différence 3, 6, représente 1/9 de la quantité totale de charbon.

3° Les résultats des analyses du gaz pris dans l'ouvrage et sous la tympe du fourneau de Clerval, comme ceux des analyses des gaz du contrevent et de la rustine, à Audincourt, ne peuvent pas représenter la composition moyenne de la tranche gazeuse, puisqu'il faudrait admettre que le gaz abandonne la moitié du carbone et la presque totalité de l'excès d'oxygène qu'il contenait pour arriver au sommet des étalages, conclusion qui serait absurde. Il est, je crois, très-facile de don-

ner une explication satisfaisante de ces résultats. Les matières qui recouvrent le bain de fonte dans le creuset, celles qui sont adhérentes aux parois de l'ouvrage jusqu'à une certaine hauteur au-dessus de la tuyère, sont des silicates renfermant encore une certaine quantité d'oxyde de fer; le mélange de ces silicates à l'état pâteux avec des fragments de charbon, dégage constamment de l'oxyde de carbone. Un trou percé dans la paroi amènera donc au dehors, avec une certaine quantité du gaz qui circule au milieu de l'appareil, tout l'oxyde de carbone produit dans le voisinage de cet orifice. Il est évident que lorsque les matières arrivent dans le fourneau à l'état pâteux, il ne peut plus y avoir d'homogénéité dans la composition du courant à cette hauteur.

Les résultats obtenus dans le haut-fourneau d'Audincourt sont bien d'accord avec les précédents. On voit que l'eau se dégage entièrement avec les produits de la distillation du bois de 3^m à $4^m,33$ de profondeur. La proportion en est beaucoup plus considérable qu'à Clerval, ce qui tient à l'emploi du bois en nature. L'excès d'oxygène contenu dans le gaz en sus de celui qui correspond à l'azote, diminue depuis 19,1 jusqu'à 3,8, du gueulard à $8^m,04$ de profondeur. L'acide carbonique diminue à mesure qu'on descend, et on n'en trouve plus que des traces à 8 mètres du gueulard. La proportion d'hydrogène diminue aussi rapidement jusqu'à cette profondeur, pour rester ensuite à peu près constante jusque dans le bas du fourneau.

Cette portion d'hydrogène qui persiste sur toute la hauteur de l'appareil, provient sans doute de la décomposition de la vapeur d'eau renfermée dans l'air atmosphérique.

Depuis la naissance des étalages jusqu'à une petite distance de la tuyère, le courant de gaz est essentiellement formé d'oxyde de carbone et d'azote. L'acide carbonique reparaît vis à vis de la tuyère. J'ai indiqué dans les deux dernières colonnes de chaque tableau, la composition que doit avoir le courant de gaz, en admettant que l'oxygène se change d'abord en acide carbonique, puis en oxyde de carbone; les résultats que j'ai obtenus me semblent bien suffisants pour justifier ces deux hypothèses.

L'emploi du bois en nature dans le fourneau d'Audincourt s'oppose à ce qu'on puisse apprécier d'une manière tout à fait nette les transformations qu'éprouve le courant gazeux en s'élevant du bas jusqu'en haut du fourneau. Les considérations qu'il me reste à présenter s'appliquent donc plus spécialement au fourneau de Clerval, et je prendrai les résultats des analyses faites dans cette usine pour me servir de point de départ. On a pu voir, du reste, qu'à partir du point où le bois est carbonisé, les résultats obtenus dans les analyses conduisent à des conclusions identiques dans les deux fourneaux.

A une petite distance de la tuyère, l'oxygène de l'air est complétement transformé en acide carbonique. Un peu plus loin, la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone, s'effectue par la combustion d'une quantité de charbon égale à celle contenue dans l'acide carbonique. A partir de ce point, situé, comme on l'a vu, à une faible distance de la tuyère, le courant gazeux n'éprouve pas de changement notable dans sa composition jusqu'au sommet des étalages, et elle est caractérisée par l'absence com-

plète d'acide carbonique. La proportion d'oxyde de carbone a légèrement augmenté, et ce résultat s'explique par la réduction des dernières parties d'oxyde de fer, probablement à l'état de silicate. Nous avons vu que cette réduction continuait à s'opérer sur les parois de l'ouvrage, et même dans le creuset. Mais la quantité de carbone ne s'élève à Clerval que de 26,26 à 27,7 pour 100 d'azote, et à Audincourt, de 26,26 à 29,7. La différence est plus grande à Audincourt qu'à Clerval, et j'attribue ce fait à l'emploi des scories de forges en proportion assez considérable dans le lit de fusion du premier fourneau. J'ai constaté dans un précédent travail (1) que ces scories descendent jusqu'au ventre du fourneau sans éprouver de réduction.

Depuis le ventre du fourneau jusqu'au gueulard, on voit la proportion de l'acide carbonique augmenter graduellement jusque vers le milieu de la hauteur de la cuve, où elle devient constante. En même temps la proportion d'oxyde de carbone diminue, tandis que celle de l'hydrogène augmente. Si l'oxyde de carbone se changeait en acide carbonique par la réduction de l'oxyde de fer, sans qu'il s'opérât d'autre réaction, il est évident que la somme des volumes des deux gaz, ou, si l'on veut, le volume de vapeur de carbone rapporté à 100 vol. d'azote, devrait rester absolument constant. Le volume de vapeur de carbone s'élève de 27,7 à 31,3 sur $1^m,67$ de hauteur, depuis les étalages jusqu'à 4 mètres du gueulard, et reste depuis ce point tout à fait constant. L'oxygène

(1) *Annales des mines*, tome XVI, page 610.

enlevé par le courant augmente dans la proportion de 1,5 à 17, depuis les étalages jusqu'à 2^m,67 du gueulard, où il devient constant. Dans la partie du fourneau comprise entre 2^m,67 et 4 mètres, à partir du gueulard, l'oxygène varie de 12,7 à 17, tandis que le carbone reste invariable. La seule action chimique produite dans ce dernier intervalle, est donc la transformation de l'oxyde de carbone en acide carbonique.

Il est assurément fort remarquable de voir la proportion d'hydrogène marcher en sens inverse de celle de l'oxyde de carbone, et augmenter constamment depuis les étalages jusqu'au gueulard. Il semble que ce gaz n'ait aucune influence sur la réduction de l'oxyde de fer, et que tout l'oxygène se porte de préférence sur l'oxyde de carbone. Nous pouvons vérifier cette conjecture.

Les matières volatiles que dégage le charbon chauffé en vase clos, l'acide carbonique abandonné par la castine, et qui se dégage, comme je l'ai constaté directement, un peu au-dessus des étalages, ont, sur la composition du gaz, une influence qu'on peut apprécier très-approximativement.

Nous avons admis que les matières volatiles provenant de la calcination du charbon de meules, se représentaient par un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

Or, d'après la composition du lit de fusion du fourneau de Clerval :

1 de minerai correspond à 0,388 charbon ou à 0,318 carbone.

1 de minerai et de castine renferme. .	0,120 oxygène combiné au fer.
	0,067 oxygène combiné au carbone.
	0,025 carbone à l'état d'acide carbonique.

Le carbone contenu dans la castine et celui dé-

gagé du charbon par calcination forment, d'après un calcul facile à faire, les 11,5 p. 100 du carbone total.

L'oxygène combiné au carbone dans le carbonate de chaux et celui dégagé par le charbon à l'état d'oxyde de carbone forment les 0,42 de l'oxygène total, déduction faite de l'oxygène atmosphérique.

En partant de ces données, on trouve :

1° Que sur 31,3 de carbone total entraîné par le gaz, il ne doit plus rester, après défalcation du carbone contenu dans la castine et dans les matières volatiles du charbon, que 27,7;

2° Que la proportion d'hydrogène produite dans la distillation du charbon est, en poids, les 3,1 p. 100 de celui du carbone, ou pour 31,3 volumes de vapeur de carbone, 5,8 volumes d'hydrogène. En ajoutant à ce nombre l'hydrogène provenant de la partie inférieure du fourneau, où il est produit par la décomposition de la vapeur d'eau contenue dans l'air injecté, on trouve 8,8, nombre un peu inférieur à celui qui représente la totalité de l'hydrogène contenu dans les gaz du gueulard (10).

On peut donc tirer de ce qui précède ces deux conclusions importantes :

1° Sur toute la hauteur de la cuve du fourneau, le charbon ne perd que les matières volatiles qui s'en dégageraient par la calcination en vase clos : il ne s'opère aucune action chimique entre le minerai et le charbon d'une part, et de l'autre, entre le charbon et l'acide carbonique résultant de la réduction du minerai et de la calcination de la castine;

2° L'hydrogène que donne le charbon de bois à la distillation n'exerce dans le fourneau aucune

action sur l'oxyde de fer, et se retrouve tout entier dans le gaz du gueulard avec celui qui provient de la décomposition de la vapeur d'eau contenue dans l'air injecté par la tuyère.

M. W. Henry (1) avait déjà prouvé qu'en mêlant 1 vol. d'oxyde de carbone, 1 vol. d'hydrogène et 1/2 vol. d'oxygène en présence de l'éponge de platine, l'oxygène se portait de préférence sur l'oxyde de carbone, dont les 4/5 se trouvaient transformés en acide carbonique, tandis que 1/5 seulement de l'hydrogène entrait en combinaison. En déterminant, au contraire, la combinaison par la chaleur, les 3/5 de l'oxygène se combinaient à l'hydrogène et le reste avec l'oxyde de carbone. Dans le haut-fourneau, l'oxyde de carbone est en grand excès par rapport à l'hydrogène, surtout dans la partie inférieure de la cuve, et son action exclusive sur l'oxygène paraît dépendre de sa masse, beaucoup plus considérable que celle de l'autre gaz combustible.

La quantité de carbone consommée depuis les étalages jusqu'à la tuyère est la différence entre 27,7 et 26,26. Elle est d'environ 6 p. 100 du carbone total.

La proportion d'oxygène qui reste dans le lit de fusion aux étalages peut être facilement déterminée. Si l'on retranche de l'oxygène total les $\frac{42}{100}$ qui représentent l'oxygène fourni par la castine et le charbon employé, on trouve 9,9, qui représente celui abandonné par les minerais. Il en reste encore, comme on l'a vu, 1,5 au grand ventre. La réduction au sommet des étalages est donc com-

(1) Philos. Magaz., mai 1835 et nov. 1836.

plète, aux $\frac{15}{99}$ près, et s'achève dans l'espace occupé par les charges jusqu'à la tuyère. Cette période de la réduction diffère de l'autre en ce qu'elle a lieu avec consommation de charbon.

La cuve d'un haut-fourneau au charbon de bois est donc à sa partie supérieure un appareil où la calcination du minerai s'opère. La partie inférieure de la cuve sert à la réduction de l'oxyde de fer, et l'effectue à plus des 5/6. Dans la région inférieure du fourneau, la carburation a lieu en même temps que la fin de la réduction. Enfin, et à une petite distance au-dessus de la tuyère, à $0^m,20$ ou $0^m,30$ au plus, se trouve le *point de fusion.*

L'acide carbonique, qui résulte, comme nous l'avons vu, de l'action de l'air sur le charbon devant la tuyère, se change très-rapidement en oxyde de carbone. Les limites de la zone où cette transformation s'est opérée me paraissent devoir être les mêmes que celles de la zone de fusion. Il suffit, pour le prouver, de s'appuyer sur les résultats des recherches faites par Dulong sur la combustion du carbone et de l'oxyde de carbone (1). On en déduit très-simplement (2) cette conséquence, que l'acide carbonique se refroidit considérablement en se transformant en oxyde de carbone.

En effet, d'après Dulong, 1 litre de vapeur de carbone donne en brûlant 2 litres d'acide carbonique, et dégage 7858 unités de chaleur.

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1838, 2e semestre, page 874.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1840, 2e semestre, page 346.

Or, 2 litres d'oxyde de carbone donnent aussi 2 litres d'acide carbonique, et produisent 6260 unités de chaleur. . . . . . .

En se transformant en oxyde de carbone, 1 litre de vapeur de carbone n'a donc produit que 1598 unités ou 1/5 environ de la chaleur totale.

Si la combustion du charbon a lieu dans l'oxygène, on déduira des nombres précédents les températures de combustion dans les deux cas de la manière suivante :

		gr.
2 litres d'acide carbonique	pèsent	3,96
2 litres d'oxyde de carb.	—	2,58

Les chaleurs spécifiques des deux gaz étant 0,221 pour l'acide carbonique, et 0,288 pour l'oxyde de carbone, on trouve que les températures de combustion dans l'oxygène sont

$$\frac{7,858}{3,96 \times 0,221} = 8980^\circ \text{ s'il se forme de l'acide carbon.}$$

$$\frac{1,598}{2,58 \times 0,288} = 2192^\circ \text{ pour l'oxyde de carbone.}$$

Si la combustion a lieu dans l'air atmosphérique, on déterminera les températures produites ainsi qu'il suit :

1° Par la formation de l'acide carbonique,

		gr.	
1 litre vapeur carbone,	pes.	1,077	consomme
2 litres oxygène. . . . . 7lit.,615 azote.	} pes.	12,490	
Total. . . .		13,567	

Les produits de la combustion sont :

	gr.	Quantité de chaleur que prend le gaz en s'échauffant de 1°.
Acide carbonique.	3,950	0,873
Azote.	9,617	2,645
	13,567	3,518

La température de combustion sera $\frac{7,858}{3,518} = 2232°$.

Si, au contraire, il ne se forme que de l'oxyde de carbone avec la même quantité d'air, on aura

	gr.
2 litres vapeur de carbone =	2,154
9lit.,615 air.	12,490
	14,644

qui produiront

	gr.	Quantité de chaleur pour 1°.
4 lit. oxyde de carb. pes.	5,027	1,448
7lit.,615 azote —	9,617	2,645
		4,093

La température de combustion sera $\frac{3,196}{4,093} = 780°$

D'après ces calculs, on trouve que la température s'abaissera de 2232° à 780° (1), par la transfor-

(1) Ces nombres sont un peu faibles, puisqu'on suppose le charbon à la température de 0°. Il faut admettre dans les deux cas, pour être plus près de la vérité, que le charbon est porté à la température due à la production de l'oxyde de carbone. — La chaleur spécifique du charbon de bois est 0,24. — Les 2,154 de charbon prennent 0,517 unités de chaleur en s'échauffant de 1°. — La température de combustion sera donc donnée pour l'équation

$$0,517\,x + 3196 = 4,093\,x - x = 893°.$$

La température de combustion due à la formation de l'acide carbonique sera $\frac{7,858 + 229}{3,516} = 2298°$.

mation de l'acide carbonique en oxyde de carbone dans le courant d'air qui traverse le fourneau. La combustion de la moitié du charbon vis-à-vis de la tuyère produit une température extrêmement élevée, qui suffit pour liquéfier le fer forgé et la porcelaine : la combustion de l'autre moitié détermine une absorption considérable de chaleur latente et un abaissement correspondant dans la température du foyer.

Cette concentration de la chaleur dans la partie inférieure de l'appareil me paraît caractériser les fourneaux à cuve, et les distinguer des foyers où le combustible n'est pas mélangé avec la matière à traiter comme dans les fours à réverbère. Ici, il est nécessaire d'avoir une température très-élevée et à peu près uniforme sur une grande surface. Dans les fourneaux à tuyères, au contraire, la zone où s'opère la fusion est fort peu étendue, et la température s'abaisse d'une manière brusque à une petite distance de l'endroit où le maximum a lieu.

Dans les hauts-fourneaux au coke, il semble, d'après les résultats des analyses des gaz du cubilot, que la partie du fourneau où la transformation complète de l'oxygène atmosphérique en oxyde de carbone a lieu, soit plus éloignée de la tuyère que dans les fourneaux au charbon de bois. Les ouvrages de ces derniers sont aussi en général moins élevés que ceux des fourneaux au coke.

Les dimensions que l'on donne à l'ouvrage soit en largeur, soit en hauteur, et qui sont déterminées par la considération de la force du vent et de la nature des charbons et des minerais, sont en rapport avec les limites de la zone de fusion qui varient évidemment avec les mêmes circonstances.

Il eût été d'un assez grand intérêt de pouvoir déterminer la température du haut-fourneau à divers points de sa hauteur. Le temps ne m'a pas permis de faire à ce sujet quelques recherches suivies. Je vais pourtant chercher à apprécier les principales circonstances qui tendent à abaisser ou à élever la température du courant. Le poids du minerai et du charbon introduits dans le fourneau ne forme que la moitié du poids des gaz qui se dégagent. La chaleur spécifique de toutes les matières qui entrent dans le lit de fusion est aussi de beaucoup inférieure à celle du gaz. On ne peut donc pas expliquer la perte de chaleur qu'éprouve le courant de gaz par l'échauffement successif des charges.

La première, et la plus importante cause de refroidissement du gaz, c'est, comme je l'ai indiqué, la formation de l'oxyde de carbone. L'expulsion de l'acide carbonique de la castine et celle de l'eau des minerais qui s'opèrent à des hauteurs différentes dans la cuve, produisent aussi une absorption considérable de chaleur latente, qu'il n'est pas possible d'apprécier en ce moment, du moins quant à l'acide carbonique.

Les recherches de Dulong vont nous permettre d'examiner quel est l'effet calorifique produit dans la réduction de l'oxyde de fer à l'état métallique.

Dulong a trouvé que dans la combustion du fer par l'oxygène, 1 litre de ce gaz produisait 6216 unités de chaleur. L'oxyde de fer, en perdant son oxygène, doit absorber toute la chaleur produite dans la combinaison. Il y aura donc d'une part 6216 unités de chaleur rendues latentes.

Si nous admettons que la réduction s'opère par la transformation de l'oxyde de carbone en acide

carbonique, comme cela a lieu sur toute la hauteur de la cuve du fourneau, nous trouverons qu'en se combinant avec 1 litre d'oxygène, 2 litres d'oxyde de carbone doivent produire 6260 unités de chaleur, c'est-à-dire un nombre sensiblement égal au premier. On peut donc admettre que la transformation de l'oxyde de fer en fer métallique au moyen de l'oxyde de carbone, a lieu sans effet calorifique sensible.

Il en sera tout autrement si la réduction s'opère par le charbon avec formation d'oxyde de carbone, comme cela a lieu dans les parties inférieures du haut-fourneau. 1 litre d'oxygène ne dégage, pour transformer 1 litre vapeur de carbone en 2 litres d'oxyde de carbone, que 1598 unités de chaleur. D'où l'on conclut qu'il y aura absorption de 4618 unités de chaleur rendues latentes par la réduction de l'oxyde de fer en fer métallique. En outre, il se brûle en même temps 1 litre de vapeur de carbone. Il y a donc dans ce cas double consommation de charbon : 1° pour restituer au fourneau les 4618 unités de chaleur rendues latentes ; 2° par la formation de 2 litres d'oxyde de carbone. En tenant compte de ces deux causes, on trouve que la consommation de combustible dépasserait de 95 p. 100 celle qui correspond au roulement actuel du fourneau de Clerval (1).

(1) Si la combustion du fer dans l'oxygène donne de l'oxyde magnétique, on trouve qu'un litre d'oxygène correspond à 3gr.,65 de fer. 1 gr. de fer réduit a donc rendu latentes $\frac{4618}{3,65} = 1265$ calories qui correspondent à la chaleur de combustion de 0lit.,781 de carbone brûlé à l'état d'oxyde. D'un autre côté, pour 1 gr. de fer réduit

Parmi les minerais de fer, les uns, comme les hydroxydes en grains ou associés au carbonate de chaux, se réduisent à peu près complétement par l'oxyde de carbone; les autres, comme les peroxydes anhydres, les silicates de fer, exigent une température plus élevée, et leur réduction produit beaucoup d'oxyde de carbone. Ces derniers exigeront donc pour leur traitement une proportion plus considérable de charbon. Les considérations qui précèdent permettent aussi d'apprécier l'influence des accidents qu'on désigne dans les fourneaux sous le nom de chutes de mines. Les minerais en grains, imparfaitement réduits, qui arrivent dans la partie inférieure du fourneau s'y transforment rapidement en silicates de fer, dont la réduction ultérieure doit contribuer à refroidir l'appareil, N'est-il pas permis d'en conclure que ces variations brusques, sans motif apparent, qui dérangent si souvent la marche des hauts-fourneaux sont dus à la même cause, c'est-à-dire à ce que la réduction de l'oxyde de fer s'opère tantôt par la transformation de l'oxyde de carbone en acide carbonique, tantôt avec production d'oxyde de carbone.

Je dois faire remarquer aussi que l'on peut déduire des résultats généraux qui précèdent,

---

il y a $\frac{1}{3,65} = 0^{\text{lit.}},274$ de carbone transformé en oxyde. La perte de combustible pour 1 gr. de fer réduit serait donc $1^{\text{lit.}},055$ vapeur carbone pesant $1^{\text{gr.}},14$. Or, 1 gr. de fer correspond, d'après le roulement du fourneau de Clerval, à $1^{\text{gr.}},197$ de carbone, dont $1^{\text{gr}},14$ forment les $\frac{95}{100}$.

une explication rationnelle des formes du profil intérieur du haut-fourneau et des variations qu'on fait subir à ses dimensions d'après la nature des minerais et du charbon qu'on y emploie. Je me bornerai à cet égard à quelques indications.

Le vide intérieur d'un haut-fourneau se compose, comme on sait, de deux troncs de cône accolés par leur grande base. La petite base du tronc de cône renversé qui forme les étalages se raccorde avec une partie prismatique ou légèrement évasée à sa partie supérieure, qui descend sur la tuyère et forme ce qu'on appelle l'ouvrage du fourneau.

La manière dont se distribue le courant de gaz dans chacune des trois parties distinctes dont se compose un haut-fourneau est facile à déduire de la considération de leurs formes.

Dans l'ouvrage, le courant d'air lancé horizontalement par la tuyère doit pénétrer jusqu'au contrevent, et s'élever ensuite verticalement en occupant toute la largeur de l'appareil. On a des ouvrages rétrécis et élevés pour des minerais réfractaires et lorsqu'on veut obtenir des fontes très-grises. Les ouvrages larges et peu élevés correspondent à la fabrication des fontes de forge et à l'emploi de minerais facilement fusibles. Les fontes deviennent blanches quand l'ouvrage est trop élargi, parce que tous les minerais ne participent pas également à la haute température due à la formation de l'acide carbonique devant la tuyère.

Le haut-fourneau s'élargit très-rapidement du sommet de l'ouvrage jusqu'au grand ventre. Cette disposition, dont l'expérience a fait reconnaître la convenance, prouve que l'action du courant de gaz sur le minerai n'est pas essentielle pour pro-

duire les modifications chimiques qu'il subit dans cette partie du fourneau. Il est évident que le courant, en sortant de l'ouvrage, tend à s'élever à peu près verticalement, et ne se répartit pas d'une manière uniforme à travers la masse des matières contenues dans les étalages. C'est dans cette région que s'opère la carburation du fer.

La forme du vide intérieur de la cuve prouve, au contraire, que le contact des gaz avec les minerais est indispensable à leur préparation dans cette partie de l'appareil. On peut remarquer, et j'ai déjà eu occasion de signaler ce fait, que la majeure partie du courant s'échappe du fourneau en suivant les parois de la cuve. Pour les atteindre, après avoir traversé à peu près verticalement les étalages, il faut que le courant diverge du centre et se répartisse d'une manière sensiblement uniforme à travers le lit de fusion.

On cherche à obtenir dans le haut-fourneau, d'une quantité donnée de minerai, la plus grande proportion de fonte, en consommant le moins possible de charbon. Cette quantité de charbon consommée se décompose en deux parties : l'une, qui se brûle devant la tuyère, est destinée à produire une température suffisamment élevée pour la fusion des matières, et son poids, comparé à celui des matières à fondre, ne dépend que de leur degré de fusibilité ; l'autre est employée à réduire les minerais, et l'on doit chercher à la rendre aussi faible que possible, en utilisant pour cette réduction l'oxyde de carbone produit, dans la partie inférieure du fourneau, par l'action de l'air sur le charbon. Or, nous avons vu que cette réduction, sans consommation de combustible, s'opérait sur toute la hauteur de la cuve. C'est seu-

lement quand le minerai arrive dans les étalages imparfaitement réduit que sa préparation s'achève avec dépense de charbon. L'oxyde de fer se combine avec la silice sous l'influence d'une température élevée. La majeure partie des matières est soustraite à l'action du courant qui s'élève verticalement au milieu des étalages, et leur réduction ultérieure ne peut s'opérer que par le contact du charbon.

Il est facile de s'assurer que les différences qu'on observe entre les profils intérieurs des hauts-fourneaux peuvent s'expliquer d'après les considérations précédentes.

Avec des minerais compactes, difficiles à réduire par cémentation, réfractaires (1), l'expérience prouve qu'il faut des étalages peu inclinés à l'horizon, et que le ventre doit être très-rapproché de la tuyère. On cherche évidemment à diminuer, autant que possible, le volume de la partie du fourneau où les minerais seront en partie soustraits à l'action du courant.

On sait que les petits fourneaux consomment généralement plus de combustible que les grands. La chaleur sensible des gaz au gueulard est à peu près la même dans les deux cas, et la différence, si elle existe, ne peut pas expliquer l'augmentation dans la consommation du charbon. On doit l'attribuer à ce que les minerais arrivent rapidement dans une partie échauffée du fourneau sans être complétement réduits. L'oxyde de fer se combine avec la silice, et la réduction ultérieure s'opère avec consommation de charbon et absorp-

(1) Traité de la métallurgie du fer, par M. Karsten, tome 2, pages 170, 171.

tion de chaleur latente. Aussi est-on dans l'usage de donner à ces petits fourneaux des étalages d'une pente très-douce.

Lorsqu'on a à traiter des hydroxydes en grains, à gangue argileuse ou calcaire, d'une réduction facile, on est au contraire dans l'usage de donner aux étalages une plus grande hauteur et une plus forte inclinaison que dans le cas précédent. La réduction s'opère complétement à une température peu élevée comparativement, et dans un temps moins long. On peut donc éloigner davantage le ventre de la tuyère.

Il resterait à expliquer maintenant ce fait remarquable : pourquoi l'acide carbonique qui se forme sur toute la hauteur de la cuve par la réduction du minerai, ne se transforme-t-il plus en oxyde de carbone? Cette réaction entre l'acide carbonique et le charbon ne s'opère peut-être qu'à une température supérieure à celle qui a lieu dans la cuve du fourneau.

Je terminerai ce chapitre par quelques considérations sur les effets du vent chaud et sur ceux de la vapeur d'eau employés comme agent de combustion.

Effets de l'air chaud.

On peut, je crois, rendre compte des effets économiques de l'air chaud en les attribuant spécialement à la quantité de chaleur sensible qu'il contient. En effet, l'injection de l'air a pour effet de produire dans le bas de l'appareil un certain degré de température. Avec de l'air à 0° et du charbon seulement on produirait une température de 2231°. Le mélange des minerais diminue nécessairement cette température limite, et l'abaisse d'autant plus que ces matières se trouvent en proportion plus considérable par rapport au charbon. On

peut revenir au degré de chaleur nécessaire pour la fusion en suppléant au manque de combustible par la chaleur sensible que possède l'air introduit.

Supposons que l'air soit chauffé à 300° : pour produire 2 litres d'acide carbonique avec 1 litre de vapeur de carbone, il faut 12gr.,490 d'air. La quantité de chaleur nécessaire pour porter cette quantité d'air à la température de 300° sera $12,49 \times 0,267 \times 300. = 1,000$ unités de chaleur qui représentent 1/8 de celle produite par la combustion du charbon transformé en acide carbonique devant la tuyère. On pourra donc, en supprimant 1/8 de la proportion de charbon consommée dans cette réaction avec de l'air à 0°, et en chauffant l'air à 300°, produire dans le bas du fourneau une température aussi élevée que dans le premier cas.

En second lieu, comme la quantité de charbon nécessaire pour faire de l'oxyde de carbone est égale à celle contenue dans l'acide carbonique, on voit qu'en économisant 1/8 de celle-ci, on arrivera à réaliser une économie de 1/8 sur la totalité du combustible employé.

En réfléchissant aux circonstances de la combustion du charbon, on se convaincra que la quantité de chaleur introduite par l'air est utilisée seulement dans le bas du fourneau. Si les proportions respectives de charbon et de minerai sont telles à l'air froid et à l'air chaud que les températures finales du mélange d'acide carbonique et d'azote produites dans la première période de la réaction soient les mêmes dans les deux cas, elles seront encore, à peu de chose près, égales après le refroidissement dû à la formation de l'oxyde de carbone. Mais, à partir de ce moment, le refroidissement du courant s'opérera dans les deux cas

d'une manière différente. En effet, la quantité d'air introduite est proportionnelle au charbon brûlé; dans le roulement à l'air chaud le volume du gaz qui traverse le fourneau est donc moindre par rapport au poids des minerais que dans le roulement à l'air froid. Le courant de gaz est le seul agent calorifique dans l'intérieur de l'appareil, et si nous admettons que sa température, après la formation de l'oxyde de carbone, soit la même qu'à l'air froid, il est évident qu'il y aura dans toute la partie supérieure du fourneau moins de chaleur à l'air chaud qu'à l'air froid. Si l'on veut augmenter la proportion des gaz qui traversent le fourneau, afin de réchauffer les parties supérieures, il faut augmenter la proportion de charbon, et on obtient alors dans le bas du fourneau une température beaucoup plus élevée qu'en roulant au vent froid. Il est certain aussi, comme l'a fait remarquer M. Berthier, que l'échauffement de l'air produit une combustion plus rapide du charbon. La zone où l'acide carbonique se forme a moins d'étendue qu'au vent froid, et cette circonstance, jointe à une température de combustion plus élevée, doit déterminer des modifications importantes dans la nature des phénomènes chimiques produits devant la tuyère, et particulièrement dans la composition des fontes.

Si l'explication que je viens de présenter est exacte, il doit résulter de l'emploi de l'air chauffé à 300° une économie de 1/8 ou 12 p. 0/0 environ sur le charbon consommé. Tel est effectivement le nombre qui représente la différence entre les roulements à l'air froid et ceux à l'air chaud dans les usines de la compagnie d'Audincourt. Dans tous ces fourneaux où l'air chaud est introduit de-

puis plusieurs années, l'économie de combustible a varié entre 8 et 12 p. 0/0. Dans d'autres usines, on a obtenu, par l'emploi de l'air chaud, une économie de combustible supérieure à celle que je viens d'indiquer. Cet effet doit être attribué, ce me semble, à ce que le changement apporté par l'air chaud dans la distribution de la chaleur dans le haut-fourneau, a changé le mode de réduction des minerais. L'abaissement de la température, produit dans toute la zone moyenne et supérieure du fourneau, par l'emploi de l'air chaud, a évidemment diminué la tendance de l'oxyde de fer à passer à l'état de silicate, et facilité, par conséquent, sa réduction complète par l'oxyde de carbone. Dans ces usines, l'économie de combustible doit être rapportée à deux causes : 1° à la quantité de chaleur apportée par l'air; 2° au changement produit dans le mode de réduction des minerais. Cette seconde cause, fort peu influente dans les hauts-fourneaux qui roulaient auparavant d'une manière économique, comme ceux d'Audincourt, devait, au contraire, produire de grands changements dans le roulement de ceux qui consommaient beaucoup de combustible.

Quelques métallurgistes ont pensé que l'emploi de la vapeur d'eau comm[illegible]nt de combustion pourrait être très-avan[illegible]s les hauts-fourneaux. Ils s'appuient [illegible]ar la composition de ce corps qui renferme 89 p. 0/0 d'oxygène pour conjecturer que la combustion du charbon dans la vapeur d'eau produirait une température beaucoup plus élevée que dans l'air seul. Plusieurs essais, dirigés d'après ces vues, ont été faits en grand, mais il ne paraît pas qu'aucun d'eux ait réussi. On a trouvé généralement que l'emploi d'une

Sur l'emploi de la vapeur d'eau.

proportion un peu considérable de vapeur avait pour résultat de refroidir, d'une manière très-marquée, toute la partie inférieure du fourneau.

On peut, je crois, rendre raison assez facilement de ces résultats, en s'appuyant sur les expériences de Dulong. La combustion du charbon en excès dans la vapeur d'eau produit de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone qui forment, en brûlant à l'air, de l'eau et de l'acide carbonique. Le charbon brûlé de cette manière ne doit pas dégager plus de chaleur absolue qu'en se combinant directement à l'oxygène. En partant de cette donnée, on trouve que :

1 litre vapeur de carbone décompose 2 litres de vapeur d'eau et produit 2 litres d'hydrogène et 2 litres d'oxyde de carbone.

En brûlant à l'air :

Les 2 litres d'hydrogène produisent	6.260	unités de chal.
2 litres oxyde de carbone. .	6.260	
	12.520	

Or, 1 litre vapeur carbone ne peut produire que 7,858 unités de chaleur. Il y a donc eu 4,662 unités de chaleur rendues latentes par la décomposition de l'eau au contact du charbon.

L'effet de la vapeur d'eau doit donc être tout à fait pareil à celui qu'on obtiendrait en lançant un volume égal d'acide carbonique dans le fourneau. L'hydrogène et l'oxyde de carbone se comportent tout à fait de la même manière. Ils se combinent en brûlant avec la même quantité d'oxygène et produisent à volume égal la même quantité de chaleur et des volumes égaux de vapeur d'eau et d'acide carbonique. En lançant de la vapeur d'eau dans le fourneau, on refroidira donc la partie inférieure

de l'appareil et l'on augmentera la proportion des gaz combustibles dans la flamme du gueulard.

J'indiquerai dans le chapitre suivant, en m'appuyant sur les données qui précèdent, les moyens qu'on peut employer pour tirer parti de la vapeur d'eau comme agent de combustion, à l'égard de certains combustibles et pour certains usages.

Résumé

En résumé, les résultats contenus dans ce chapitre me paraissent représenter d'une manière simple l'ensemble des réactions qui se passent dans un haut-fourneau entre l'air, le charbon et les minerais.

Ils font voir quel est le rôle qui appartient aux différentes parties du haut-fourneau dans la préparation métallurgique du minerai.

Ils montrent que l'oxygène contenu dans l'air injecté se change très-rapidement en acide carbonique, puis en oxyde de carbone; que ces deux transformations s'opèrent successivement à une faible distance de la tuyère et déterminent les limites de la zône que les métallurgistes appellent la zone de fusion.

Que l'oxyde de fer se réduit à l'état métallique de deux manières distinctes qui paraissent dépendre de son mode de combinaison : l'oxyde de fer à l'état de liberté se réduit sur toute la hauteur de la cuve du fourneau par la transformation de l'oxyde de carbone en acide carbonique, sans consommation de charbon. L'oxyde de fer combiné à la silice ne se réduit que dans les parties inférieures de l'appareil sous l'influence d'une température élevée en produisant de l'oxyde de carbone et en consommant par conséquent une quantité correspondante de combustible.

La nature chimique du minerai employé est donc une des circonstances qui doivent occasionner les plus grandes variations dans la composition d'un courant de gaz d'un fourneau à l'autre. Elle détermine aussi, comme on l'a vu, les différences que l'on remarque dans les profils intérieurs des hauts-fourneaux.

Les moindres variations dans l'allure du fourneau sont accompagnées de changements correspondants dans la nature des produits gazeux. L'analyse comparative de ceux-ci permettrait donc d'apprécier l'influence des causes qui produisent les dérangements, les accidents de toute espèce que l'on n'observe que trop souvent dans les usines.

J'ai admis, dans ce chapitre, que la réduction des dernières portions d'oxyde de fer, dans la partie inférieure du fourneau, s'opérait directement par la réaction du carbone sur cet oxyde. Les résultats que j'ai déduits de mes expériences sont, au surplus, tout à fait indépendants de cette manière d'expliquer les faits observés. Je n'ai pas cru devoir adopter complétement, à cet égard, les vues ingénieuses que M. Leplay a récemment développées et appliquées dans un travail remarquable (1), à la théorie de la cémentation des corps oxydés et des fourneaux à tuyères. L'existence d'oxydes fixes, irréductibles par l'oxyde de carbone et par cémentation, et réductibles par le charbon à l'état de mélange intime, comme ceux de manganèse, de chrôme, de titane, m'a paru établir ce fait, que le charbon agit effectivement comme réductif par son contact avec des solides. L'action pro-

---

(1) *Annales des mines*, tome 19, page 267.

duite par le chlore gazeux à une haute température, sur un mélange intime de charbon et d'oxydes terreux, comme l'alumine, serait aussi tout à fait inexplicable si l'on n'admettait pas l'existence d'une affinité chimique entre les molécules des deux corps infusibles et fixes qui sont en présence. Le chlore n'agit séparément ni sur le charbon ni sur la terre, et on ne voit pas comment il pourrait servir de véhicule pour déterminer ici la combinaison de l'oxygène avec le carbone, s'il n'y avait aucune action de contact entre le charbon et l'oxyde.

CHAPITRE IV.

Sur le mode d'emploi des gaz comme combustible.

Jusqu'à ces derniers temps, l'emploi des gaz des hauts-fourneaux n'avait eu lieu que pour certains usages qui n'exigent pas une très-haute température, comme le chauffage de l'air ou des chaudières à vapeur, la torréfaction du bois, la cuisson de la chaux ou des briques. Le gaz s'enflammait naturellement à sa sortie du gueulard et s'introduisait avec une certaine quantité d'air atmosphérique dans les fours où sa chaleur devait être utilisée. Un registre placé au-dessus de la cheminée par où s'échappaient les produits de la combustion était le seul moyen de régulariser l'introduction de l'air.

Dans ce mode de combustion des gaz, on obtenait rarement une température très-élevée; j'attribue ce résultat aux causes suivantes :

Les flammes qui se prolongent souvent à une

grande distance de l'orifice du four prouvent que le mélange du gaz combustible avec l'air comburant ne se fait que lentement. Il en résulte que le lieu du maximum de température se déplace constamment dans le four, suivant la direction prise par le courant d'air et de gaz, et ce maximum doit être à une assez grande distance du point où commence l'inflammation. En outre, il n'est pas possible de régler d'une manière convenable la quantité d'air nécessaire à la combustion. Enfin, les gaz, à leur sortie du fourneau, renferment une proportion assez considérable de vapeur d'eau, variable avec l'allure du fourneau aux différentes époques de la charge, et la présence de ce corps, dont le calorique spécifique est très-considérable, diminue très-notablement la température de combustion.

Pour atteindre un haut degré de chaleur par la combustion des gaz du fourneau, il faut donc satisfaire aux conditions suivantes :

1° Brûler un gaz contenant peu ou point de vapeur d'eau.

2° Opérer la combustion du gaz dans un espace très-rétréci, de façon que le maximum de température se produise toujours dans la même partie du four, et à une petite distance de l'orifice d'arrivée.

3° Rendre l'arrivée des gaz dans le four indépendante des charges, et pouvoir régler à volonté la proportion d'air nécessaire à la combustion.

Toutes ces conditions se trouvent réalisées dans l'appareil que M. Faber-Dufaur a établi à Wasseralfingen pour le puddlage de la fonte, appareil que l'on monte actuellement dans plusieurs usines

françaises (1). Je dois me contenter ici de donner une idée générale des dispositions qu'il présente :

En avant de la sole du four à puddler, se trouve une ouverture étroite, occupant toute la largeur du four, par laquelle arrive le courant de gaz. Plusieurs tuyères parallèles placées au-dessus de cette ouverture lancent de l'air chauffé à 200° ou 300° sur le courant, de manière à opérer presque instantanément le mélange de cet air avec le gaz. Le lieu de la combustion est placé dans le four à une faible distance de l'orifice de sortie du gaz, et dans une position presque invariable. On se trouve donc dans les meilleures conditions pour obtenir la température indiquée par la théorie. La sole du four à puddler est établie comme dans tous les appareils analogues. La chaleur que conservent les gaz produits par la combustion, est utilisée, à la sortie du four, pour chauffer l'air.

Le gaz est pris à peu près à la moitié de la

---

(1) M. Sire, actuellement employé aux usines de Clerval, a pris en 1836 un brevet d'invention pour le puddlage de la fonte au four à réverbère, au moyen des gaz du haut-fourneau. Le gaz était pris à la base de la cuve. M. Sire n'a pas fait l'application des procédés décrits dans son brevet, mais sa date lui donne le droit incontestable de participer à l'honneur de l'invention.

A l'occasion d'une communication, faite par extrait, de mon travail à l'Académie des sciences, MM. D'Andelarre, Thomas et Laurens m'ont adressé une réclamation de priorité relative à l'invention du procédé du puddlage au gaz des hauts-fourneaux. Ce procédé est maintenant employé régulièrement à l'usine de Tréveray (Meuse). J'inscris ici cette réclamation, en faisant observer que je ne prétends en rien préjuger la question de propriété du procédé, question à laquelle je dois rester tout à fait étranger.

hauteur de la cuve par des ouvertures pratiquées sur les parois du fourneau. On n'a donc pas à craindre l'influence de la vapeur d'eau, et les irrégularités provenant de l'introduction des charges dans le fourneau.

La fonte, avant d'être puddlée, subit à Vasseralfingen un commencement de décarburation dans un four à peu près semblable au four à puddler, qu'on appelle four à blanchir; mais cette opération préliminaire ne paraît nullement nécessaire. Les massiaux de fer brut obtenus par le puddlage sont portés au blanc soudant dans un autre four aussi alimenté par la flamme du gaz.

L'empressement que mettent les maîtres de forges français à essayer les procédés de M. Faber-Dufaur, prouve qu'ils en comprennent toute l'importance, et l'influence que leur application doit avoir sur l'avenir de la fabrication du fer au charbon de bois, et sur les conditions d'établissement des usines. Si chaque haut-fourneau peut développer, par la combustion de ses gaz, la quantité de chaleur nécessaire à l'affinage de la fonte qu'il produit, il est évident que des fours à gaz et des appareils mécaniques pour l'étirage du fer, deviendront des accessoires indispensables à tout haut-fourneau qu'on voudra faire rouler économiquement. Les usines de cette espèce devront donc pouvoir disposer à l'avenir d'une force motrice supérieure à celle qui leur est actuellement nécessaire. La fonte en gueuses, qui est aujourd'hui le produit marchand livré par les hauts-fourneaux aux ateliers d'affinage, sera remplacée par du fer puddlé en gros massiaux, qui sera soudé et étiré dans de grandes usines d'élaboration placées sur

des cours d'eau puissants et à la portée des voies de communication.

Pour tirer des analyses rapportées plus haut quelques résultats applicables à l'emploi des gaz comme combustible, il faut en déduire, par la comparaison de leurs données avec celles qui résultent du roulement du haut-fourneau : 1° la quantité totale de chaleur que peut fournir la combustion du courant de gaz, pris à diverses hauteurs dans le fourneau ; 2° le volume de l'air nécessaire dans chaque cas pour leur combustion; 3° enfin, la température *maximum* qui doit en résulter. Je vais indiquer les bases de ces calculs et en appliquer les résultats, d'abord au fourneau de Clerval, ensuite à celui d'Audincourt.

D'après les données que j'ai inscrites plus haut sur le roulement du fourneau de Clerval, on trouve que :

Chaque charge passe moyennement en 53 minutes.	
La quantité de charbon consommée par minute est de.	kil. 2,190
Le poids des minerais et de la castine est dans le même temps.	5,645
Les matières volatiles (eau, oxygène, acide carbonique).	1,930
115 kil. de charbon équivalent à charbon sec.	106,000
Et renferment, carbone.	93,200

On a trouvé que pour fondre 1 de minerai et de castine renfermant 0,092 d'acide carbonique, on consommait 0,388 charbon, ou 0,318 carbone. Or, 0,092 d'acide carbonique renfermant 0,025 de carbone, le rapport du carbone de la castine au carbone total contenu dans le courant du gaz, est égal à $\frac{0,025}{0,318+0,025}$ = les 7,4 p. % du carbone total.

D'après les résultats des analyses des gaz du gueulard :

100 volumes d'azote correspondent à 31,5 vapeur de carbone, et en défalquant 7,4 p. °/₀ à 29,2

100 d'azote en poids correspondent à 24,9 carbone du charbon ; pour $93^{k.},20$ carbone consommé par charge, on a donc introduit dans le fourneau $374^{k.},3$ d'azote, ou air atmosphérique $486^{k.},1$.

Par minute on introduit dans le fourneau $9^{k.},17$ ou $7^{m.c.},060$ d'air (1).

Le volume du gaz sec qui sort par minute du fourneau sera donné par la proportion 79,2 : 58 :: x : 7.060, d'où $x = \frac{79.2 \times 7.060}{58} = 9^{m.c.},640$.

On aura le volume total du gaz renfermant la vapeur d'eau, en ajoutant au nombre précédent 11,90 p. °/₀, ce qui donne $10^{m.c.},796$.

Pour avoir la quantité de chaleur produite par

---

(1) On peut comparer ce volume à celui lancé par la buse, et qu'on déduira de la formule :

$q = 289\, d^2 \sqrt{\frac{h(1+0,0037t)}{b+h}}$, qui représente le volume d'air lancé par seconde.

On a :

	mèt.
d diamètre de l'œil de la buse	$=$ 0,065
h pression du manomètre	$=$ 0,018
t température de l'air	$=$ 180°
b pression atmosphérique (moy^t.)	$0^{m},742$

On trouve $q = 0^{m.c.},242$ à 180° et à la pression $b+h$.

Ramené à 0° et à $0^{m},760$ de pression, on a $q' = 0^{m.c.},146$ et par minute $8^{m.c.},76$.

La perte de vent est donc par minute de $1^{m.c.},70$ ou de 1/5 de l'air lancé par la buse.

la combustion du gaz, il faut remarquer que :

1 litre gaz sec renferme 0,2351 oxyde de carbone } 0,2933
0,0582 hydrogène. . . . }

L'hydrogène et l'oxyde de carbone produisent, à volume égal, d'après M. Dulong, sensiblement la même quantité de chaleur, 3,130 unités par litre de gaz.

En prenant une unité mille fois plus grande, nous trouverons que 1 litre de gaz sec produit par la combustion 0,918 unités de chaleur, et consomme $0^{l.},147$ d'oxygène, ou $0^{l.},705$ d'air atmosphérique.

La quantité totale de chaleur développée par la combustion des $9^{m.c.},640$ de gaz sec, sera donc de 8.849,6 calories (1).

---

(1) On peut comparer la chaleur développée par la combustion du gaz du gueulard à celle que produirait le charbon employé.

Les $2^{k.},19$ de charbon consommé par minute correspondent à $2^{k.},01$ de charbon sec, qui renferment :

Carbone.	1,77		
Hydrogène. . . .	0,06	Hydrogène.	0,045
Oxygène.	0,12	Eau. . . .	0,135
Cendres.	0,06		
	2,01		

$1^{k.},77$ de charbon donnera 1610 litres vapeur de carbone qui produisent, calories.	12.651
$0^{k.},045$ hydrogène correspondant à 500 litres : calories.	1.565
Total.	14.216

Rapport de la chaleur de combustion du gaz à celle du charbon employé. 0,6220

Pour obtenir la température de combustion on fait le calcul suivant :

Pour 1 litre gaz sec, qui consomme 0,705 d'air atmosphérique, on a :

		Produits.		Poids.		Produit du poids par la chaleur spé.
				lit.	gr.	
1 lit. gaz sec.	1	Acide carbonique contenu dans le gaz.	0,1288	0,364	0,717	0,158
		Ac. carb. produit par combustion.	0,2351			
Vapeur d'eau.	0,119	Vapeur d'eau correspondante à 1 litre gaz. . .	0,119	0,177	0,143	0,121
		Vapeur d'eau produite par combustion. . . .	0,058			
Air.	0,705	Azote contenu dans le gaz. .	0,578	1,136	1,485	0,396
		Az. contenu dans l'air introduit.	0,558			
	1,824			1,677		0,675

La température de combustion sera $\frac{918}{0,675} = 1360°$.

Ce nombre est un minimum, puisque les calculs supposent que la température initiale de l'air et du gaz est égale à zéro (1).

Tous les nombres contenus dans le tableau suivant ont été calculés de la même manière, en admettant que la quantité d'air introduite dans le haut-fourneau par minute, était de $7^{m.},060$.

(1) La température des gaz du gueulard est généralement très-peu élevée, même dans les fourneaux où l'on n'emploie que du charbon. Quand on n'utilise pas la flamme perdue, on remarque souvent que les gaz s'éteignent spontanément sans se rallumer, et leur chaleur propre est si faible, qu'on peut tenir la main plongée dans le courant pendant longtemps sans en être brûlé.

Fourneau de Clerval.

	VOLUME DU GAZ par minute, sec.	VOLUME DU GAZ par minute, y compris la vapeur d'eau.	Air nécessaire à la combustion d'un litre de gaz sec.	PRODUITS de la combustion sur un litre de gaz sec. Acide carbonique. Litres.	Acide carbonique. Grammes.	Vapeur d'eau. Litres.	Vapeur d'eau. Grammes.	Azote. Litres.	Azote. Grammes.	Quantité de chaleur nécessaire pour échauffer de 1° le mélange brûlé.	QUANTITÉ de chaleur produite en une minute par litre de gaz.	QUANTITÉ de chaleur produite en une minute par la totalité du gaz.	Température de combustion.
	m.cub.	m.cub.	litres.							$(\frac{1}{1000})$	calor.	calories.	d.cent.
Gaz pris au gueulard:	9,640	10,796	0,705	0,364	0,717	0,177	0,143	1,136	1,435	0,675	0,918	8.849,5	1.360
A 2m,67 de profondeur.	9,640	9,890	0,675	0,364	0,718	0,081	0,065	1,116	1,409	0,601	0,879	8.483,2	1.462
A 4 mètres.	9,465	9,545	0,769	0,370	0,732	0,048	0,039	1,200	1,516	0,612	1,002	9.484,0	1.637
A 5m,33.	9,240	9,280	0,894	0,359	0,709	0,040	0,032	1,313	1,658	0,638	1,165	10.765,0	1.826
A 5m,67 (ventre).	8,865	8,865	0,887	0,350	0,693	0,019	0,015	1,337	1,684	0,631	1,156	10.247,0	1.832
Calculé (2).	8,520	8,520	0,827	0,344	0,685	»	»	1,311	1,653	0,596	1,077	9.176,0	1.807

Les nombres calculés à la partie inférieure du tableau, l'ont été en admettant qu'on brûle le gaz obtenu en traitant l'air sec par un excès de charbon.

On peut calculer pour le fourneau d'Audincourt un tableau semblable au précédent.

Pour avoir le volume des gaz sortis du gueulard en une minute, on part des données suivantes :

On charge moyennement de 50 en 50 minutes.

Charbon. 110 kil.
Bois. . . 115

Le charbon renferme 8 p. % d'humidité, et après dessiccation il contient 88 p. % de carbone.

Le bois employé peut être considéré comme composé de 37 carbone et 63 eau.

On consomme par minute $2^{k}.64$ de carbone.

Un calcul semblable à celui indiqué plus haut pour Clerval, donne ce résultat que le carbone provenant de la castine forme les 6,6 p. % du carbone total contenu dans le gaz.

Or, 1 litre de gaz au gueulard renferme 0,18922 vapeur de carbone, et, en faisant la correction, $0^{lit.},1745$ pour 0,55620 azote.

En poids, $0^{gr.},188$ pour $0^{gr.},700$ azote.

Le poids d'azote contenu dans le gaz expulsé par minute du gueulard, sera donné par la proportion :

$2,64 : 0,188 :: x : 0,700 \quad x = 9^{k.},33$

Air atmosphérique. . . . . $12^{k.},76 = 9^{m.c.},81$ (1).

(1) La surface de la buse égale 32,1 centimètres car-

En partant de ces bases on arrive aux résultats compris dans le tableau suivant :

---

rés. Elle équivaut à un cercle de $0^m,0638$ de diamètre.

La formule $q = 289\, d^2 \sqrt{\frac{h(1+0037\, t)}{b+h}}$ donne, en y substituant $d^2 = 0,004088$, $h=0,070$ $t=250°$ $b=0,735$ $q = 0^{m.c.},480$ et sous la pression $b+h$.

Ramené à 0° et à la pression de $0^m,760$, ce volume devient $q'=0^{m.c.},264$, et par minute $15^m,84$. La perte d'air est donc de $6^{m.c.},030$ ou les 40 p. 0/0 de la quantité totale. On observe effectivement qu'il y a constamment un remou d'air considérable devant la tuyère. On s'en assure en projetant des corps légers vers cet orifice ; ils sont toujours chassés en arrière avec une grande vitesse. J'attribue cette difficulté qu'on éprouve à faire passer l'air à l'emploi de la braise et du bois en nature qui produit beaucoup de menu charbon dans le fourneau.

Haut-fourneau d'Audincourt.

	Volume du gaz dégagé par minute.		Air nécessaire à la combustion pour un litre de gaz sec.	Produits de la combustion sur un litre de gaz sec.							Quantité de chaleur produite en une minute		Température de combustion.
				Acide carbonique.		Vapeur d'eau.		Azote.					
	sec.	y compris la vapeur d'eau		Litres.	Grammes.	Litres.	Grammes.	Litres.	Grammes.	Quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température du mélange brûlé.	par litre de gaz.	par la totalité du gaz.	
	m.cub.	m.cub.	litres.							calor. ($\frac{1}{1000}$)	calor.	calor. (1)	d. cent.
Gaz pris au gueulard.	13,98	17,15	0,764	0,378	0,748	0,292	0,238	1,161	1,463	0,766	0,995	13.910	1.298
A 3m,33.	14,28	16,71	0,746	0,381	0,756	0,245	0,197	1,135	1,430	0,728	0,975	13.923	1.693
A 4m,33.	13,84	14,03	0,826	0,384	0,762	0,070	0,056	1,215	1,531	0,636	1,077	14.990	1.732
A 5m,50.	13,44	13,44	0,822	0,375	0,746	0,046	0,037	1,237	1,558	0,624	1,081	14.529	1.850
A 6m,67.	13,42	13,42	0,920	0,381	0,756	0,040	0,032	1,307	1,646	0,648	1,199	16.080	1.850
A 8m,04.	12,61	12,61	0,917	0,366	0,728	0,018	0,014	1,342	1,691	0,637	1,196	15.084	1.877
Calculé (2).	11,84	11,84	0,827	0,344	0,685	»	»	1,312	1,653	0,596	1,077	12.752	1.807

(1) On peut comparer le nombre 13.910 avec celui qui représente la valeur calorifique du combustible introduit dans le fourneau. On brûle par minute :

2k,64 carb. qui donnent	calor.	19,193
Hydrogène correspondt 0,045.		1,565
Total. . . .		20,758

La chaleur dégagée par la combustion des gaz du gueulard représente donc les 67/100 du combustible employé.

Les nombres qui représentent les températures de combustion dans les deux tableaux sont évidemment au-dessous de la réalité, puisqu'on les a obtenus en supposant que la température initiale du gaz et celle de l'air comburant étaient égales à zéro. A la quantité de chaleur développée par la combustion, il faudrait pouvoir ajouter celle que le gaz contient à l'état de calorique sensible.

On peut déduire des deux tableaux qui précèdent les conséquences suivantes :

1° La quantité de chaleur que le gaz peut produire en brûlant augmente rapidement à mesure qu'on descend dans le fourneau. Elle atteint son maximum à une petite hauteur au-dessus du grand ventre pour diminuer ensuite très-notablement dans les régions inférieures du fourneau ;

2° La température de combustion augmente rapidement en descendant, surtout dans les fourneaux où l'on emploie du bois en nature, résultat qu'on doit attribuer à la grande proportion de vapeur d'eau contenue dans les gaz jusqu'à une certaine distance du gueulard. Cette température devient sensiblement constante lorsqu'on s'approche des étalages ;

3° La température de la fusion de la fonte étant évaluée, d'après M. Pouillet, à 1200°, il est évident qu'on doit arriver à la produire par la combustion des gaz pris à une certaine profondeur, surtout si l'on emploie de l'air chaud, et si l'appareil est disposé de manière à conserver aux gaz une partie de la chaleur sensible qu'ils ont en sortant du fourneau.

Il est hors de doute que la soustraction totale ou partielle du gaz, à diverses hauteurs du fourneau, doit avoir une influence marquée sur son

allure. Les résultats des analyses ont fait voir le rôle que joue le courant de gaz qui traverse le fourneau dans la réduction des minerais. Sa chaleur sensible sert à élever progressivement la température des charbons et des minerais, et à chasser l'eau combinée à l'oxyde de fer et aux gangues. A mesure qu'on augmentera la proportion de gaz extrait du fourneau à telle ou telle profondeur, il est évident que sa composition se modifiera et se rapprochera plus ou moins de celle des gaz du gueulard. A la limite, il est clair qu'on arriverait à réduire la hauteur du fourneau de toute la distance de la prise de gaz au gueulard.

Il sera probablement préférable d'employer dans le fourneau des minerais déshydratés par le grillage, et de prendre la totalité du gaz près du gueulard. La température nécessaire pour chasser l'eau de l'hydroxyde de fer est d'environ 300°, et la quantité de chaleur employée ne serait qu'une faible fraction de la chaleur de combustion totale (1).

---

(1) On peut calculer l'influence que l'expulsion de l'eau doit avoir sur la température du courant de gaz qui traverse le fourneau.

1° A Clerval, à une profondeur de $2^{m},67$, le volume du gaz sec qui traverse cette section dans une minute est de $9^{m.c.},64$ pesant $12^{k.},677$.

La chaleur spécifique moyenne du gaz sec. .	0,275
Quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température du gaz.	3,486

On consomme par minute :

$2^{k.},19$ charbon, qui renferment	eau hygrométr.	0,170
$5^{k.},645$ minerais —	eau combinée.	0,706
	Total.	0,876

En prenant le nombre 550 pour le calorique latent de

Nous pouvons maintenant essayer de comparer la quantité de chaleur développée par le gaz des hauts-fourneaux avec celle qui serait donnée par la houille employée pour le puddlage de toute la fonte produite (1). Mais pour pouvoir faire cette

---

vaporisation de l'eau on trouve que l'abaissement de température, provenant de cette cause seule, sera :

$$\frac{0,876 \times 550}{3.486} = 138.$$

La quantité de chaleur $0,876 \times 550 = 482$, c'est-à-dire 1/18 de la chaleur totale de combustion du gaz.

2° Pour le haut-fourneau d'Audincourt, on a vu que la carbonisation du bois et la calcination des minerais s'opéraient à la même hauteur dans le fourneau. On peut admettre, et ce nombre est probablement un *minimum*, que la chaleur latente des produits de la distillation est égale à celle de la vapeur d'eau. Si l'on part de cette donnée, on trouve :

Le volume de gaz sec, à 4m,33 de profondeur, est de 13m.c.,84 pesant 17k.,715.

Quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° les 13m.c.,84.	4,871
On consomme par minute :	
2k.,2 charbon renfermant, eau hygrométr. . .	0k.,170
2 ,3 de bois rendant 25 p. 0/0 de charbon, et donnant, eau et matières volatiles.	1 ,725
7 ,360 minerais contenant, eau.	0 ,714
Total.	2k.,609

L'abaissement de température du courant de gaz causé par l'absorption de chaleur latente sera, d'après ce qui précède, $\frac{2,609 \times 550}{4,871} = 294°$.

L'abaissement réel de température dans les deux cas est beaucoup plus considérable, puisque les minerais et les charbons s'emparent d'une certaine quantité de chaleur pour se mettre en équilibre avec le courant.

(1) Dans les fours à puddler on brûle en général 110 de

comparaison d'une manière exacte, il faudrait que la température de combustion fût la même dans les deux cas. La quantité absolue de chaleur produite n'est pas le seul élément à considérer dans les fours à puddler et en général dans tous les fours à réverbère, où il faut arriver à produire un certain degré de température déterminé par la fusion ou le ramollissement d'un métal. Il est évident qu'on parviendra d'autant plus vite au résultat cherché, que la différence entre cette température limite et celle de la combustion sera plus grande. La quantité de chaleur utilisée, ou, si l'on veut, celle qui est prise par la matière à échauffer au courant gazeux, sera, toutes choses égales d'ailleurs, une fraction d'autant plus considérable de

houille pour obtenir 100 de fer puddlé brut. L'opération du puddlage s'exécute à la fois sur 190 kil. fonte, qui produisent 175 kil. de fer puddlé. Elle dure une heure un quart. En vingt-quatre heures un four à puddler ordinaire consommerait 3.648 kil. fonte, et produirait 3.356 kil. fer en massiaux. On consomme dans chaque opération 192k.,5 de houille et par minute 2k.,55. Admettons que chaque kilogramme produise 6.000 calories, la chaleur développée dans le four à puddler par minute sera 15.300 calories. Les gaz du fourneau d'Audincourt, pris à 4m,33, donnent dans le même temps 14,990. La production moyenne du fourneau (du 1er au 28 octobre) a été 3230 kilogrammes, nombre un peu inférieur à celui qui indique la consommation du four à puddler.

A Clerval, la production moyenne du fourneau a été par jour 2.039 kil. de fonte, dont le puddlage exigerait 2.063 kil. de houille et par minute 1k.,43, nombre qui correspond à 8.480 calories.

Les gaz du haut-fourneau pris à 4 mètres de profondeur, donnent en brûlant 9.484 calories.

On n'a tenu compte dans ces calculs, ni de la chaleur propre du gaz, ni de celle apportée par l'air destiné à la combustion.

la chaleur totale du courant, que cette différence entre les deux températures sera plus forte. Dans tous ces appareils, la consommation en combustible exprimée en calories et rapportée à une quantité constante de métal fabriqué, diminuera à mesure que la température de combustion s'élèvera.

Dans les fours à puddler ordinaires on n'a d'autre moyen pour faire varier la température de combustion que d'augmenter ou de diminuer le tirage et la charge de la grille. Dans les fours à gaz, en faisant varier la profondeur à laquelle on enlèvera le gaz du fourneau et la température de l'air lancé par les buses, on parviendra au degré de chaleur convenable.

Si l'on veut conserver aux fourneaux un roulement régulier et économique, je crois qu'il faut peu éloigner les prises de gaz du gueulard, et suppléer, dans ce cas, à la moindre proportion de combustible par un plus grand échauffement de l'air. L'appareil pour le chauffage de l'air est disposé à la suite du four à puddler. On peut, au reste, utiliser toute la chaleur de combustion produite par le gaz, puisqu'il n'est pas nécessaire d'établir de tirage.

En terminant ce travail, je vais examiner s'il n'y aurait pas avantage pour les arts métallurgiques à généraliser le procédé suivi pour la combustion des gaz des hauts-fourneaux, et à substituer, dans la plupart des cas, la combustion d'un gaz à celle d'un solide, comme moyen calorifique.

Nous avons trouvé que la combustion du charbon par de l'air en excès à zéro produisait une température de 2232°.

Avec de l'air à 300°, la température de combustion serait 2518°.

Ces températures peuvent être considérées comme la limite de celles produites dans les foyers métallurgiques. Le fer malléable et la porcelaine se liquéfient, comme on l'a vu, dans l'espace où l'on approche de ce degré de chaleur; mais ce maximum n'a lieu que dans une étendue très-faible. La conversion de l'acide carbonique en oxyde de carbone abaisse presque instantanément la température du courant.

Supposons qu'on place le charbon sur la grille d'un four à réverbère, et qu'on alimente la combustion par un courant d'air forcé introduit sous la grille. Si le charbon est en couche épaisse, le résultat de la réaction sera de l'oxyde de carbone. Le lieu du maximum sera à une petite hauteur au-dessus de la grille, et le courant de gaz n'aura comparativement qu'une température peu élevée. Si, au contraire, le combustible est en couche mince, il ne formera que de l'acide carbonique, mais on empêchera difficilement le mélange d'un excès d'air avec le produit de la combustion, si l'on évite la production de l'oxyde de carbone. L'excès de charbon ou l'excès d'air tendent également à abaisser la température du courant.

Mais si la grille est chargée d'une hauteur de charbon suffisante pour transformer tout l'oxygène de l'air en oxyde de carbone, et si, en même temps, l'on brûle le courant de gaz produit par de l'air injecté à la fois par plusieurs orifices, il est évident qu'on arrivera à développer dans cette combustion la température produite par la formation de l'acide carbonique, au moyen de l'air et du charbon, si toutefois l'appareil est disposé de manière

que le mélange d'oxyde de carbone et d'azote ne perde pas de sa chaleur sensible en arrivant sur l'aire où la combustion doit s'opérer. On voit aussi que le lieu du maximum ne sera pas restreint à un petit espace, comme dans les fourneaux à cuve.

Toutes les conditions que je viens de signaler me paraissent faciles à réaliser dans la pratique.

La *fig.* 9, Pl. IX, représente la coupe longitudinale d'un four établi d'après ces principes.

Le vent froid, destiné à la production du gaz oxyde de carbone, arrive dans la chambre A, à double porte, sous une tension supérieure à la pression atmosphérique. L'air traverserait toute l'épaisseur du combustible placé dans le fourneau cylindrique M, et produirait successivement de l'acide carbonique, puis de l'oxyde de carbone : un rampant R amène le gaz devant les tuyères *t*, qui projettent de l'air chauffé et brûlent complétement le gaz dans l'intervalle *cd*, placé un peu en avant de la sole du four. Le combustible peut être introduit dans le cubilot par un distributeur mécanique ou par une trémie à double registre E. Enfin, un ouvrier peut séjourner dans la chambre A pour décrasser la grille, etc.

J'ai indiqué à la suite du four à puddler l'appareil destiné au chauffage de l'air qui serait projeté par les tuyères *d*.

Au lieu d'employer de l'air seulement pour produire le gaz, il serait, je crois, préférable d'introduire en même temps une certaine quantité de vapeur d'eau par une ou deux ouvertures *v* placées immédiatement au-dessus de la grille. La vapeur d'eau, comme nous l'avons vu plus haut, produit sur le charbon incandescent le même

effet que l'acide carbonique, et son emploi permettra de diminuer, autant qu'on le voudra, la température de combustion du charbon au-dessus de la grille dans le foyer M, et par conséquent la température des gaz qui s'échappent par le rampant R. Mais en même temps on augmentera proportionnellement le volume des gaz combustibles dans le mélange gazeux, puisque le produit de la réaction de la vapeur d'eau sur un excès de charbon est un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone.

Le gaz produit par l'air et le carbone en excès a pour composition :

Oxyde de carbone.	34,43
Azote.	65,57
	100,00

Dont la température de combustion est 1807°, en le supposant à la température zéro.

Le gaz produit par le charbon et la vapeur d'eau a pour composition:

Oxyde de carbone.	0,50
Hydrogène.	0,50
	1,00

Il exige pour sa combustion complète 0 lit.,50 d'oxygène ou 2 lit.,400 d'air, et sa température de combustion, calculée comme plus haut, serait 2662°, en le supposant à zéro et le brûlant par de l'air également à zéro.

La présence des gaz provenant de la vapeur d'eau dans le mélange tendra donc à élever la température de combustion.

Pendant le séjour que j'ai fait à Audincourt, M. Jeanmaire a bien voulu m'autoriser à tenter quelques essais dans ce sens. M. Page, ancien

élève de l'école des mineurs de Saint-Étienne, qui venait d'étudier le puddlage au gaz à Vasseralfingen, m'a été d'un très-grand secours pour la construction et la conduite des petits fours d'essai, et je lui en fais ici tous mes remercîments.

Le petit four à puddler que nous avons fait établir n'avait que $1^m,50$ de longueur de sole sur $0^m,60$ de largeur devant la porte. Le gaz combustible arrivait par une fente large d'un pouce, et dont la longueur occupait la largeur du four. L'air pour la combustion du gaz était pris dans le porte-vent du fourneau, et arrivait dans une caisse en tôle placée immédiatement à l'arrière de la fente, et qui lançait l'air par un grand nombre de trous sur toute sa longueur. La combustion du gaz était complète à $0^m,10$ ou $0^m,15$ en avant de la fente.

Nous avons essayé d'abord de produire un gaz combustible en n'employant que de la vapeur d'eau et du charbon. Dans la cheminée du four à puddler, on avait placé un cylindre vertical en fonte de $2^m,50$ de hauteur sur $0^m,25$ de diamètre qui communiquait par sa base inférieure avec la fente destinée à la sortie du gaz, au moyen d'un conduit en briques ménagé dans la maçonnerie. Le haut du cylindre était disposé de manière à pouvoir y introduire à volonté du charbon, de l'eau liquide en filet ou de la vapeur d'eau.

Le cylindre étant rempli de charbon, on a commencé par le faire rougir en brûlant du bois sur la sole du petit four, puis on introduisait l'eau en même temps qu'on donnait un peu d'air dans la caisse à vent.

Lorsqu'on introduisait de l'eau en filet mince, on obtenait immédiatement un assez fort courant de gaz inflammable, mais la proportion en dimi-

nuait progressivement, bien que la quantité d'eau introduite restât la même. Il passait évidemment, à travers le cylindre, une grande quantité d'eau indécomposée.

En substituant à l'eau liquide de la vapeur à la température de 100°, on obtenait dans les premiers instants un dégagement très-abondant de gaz inflammable qui produisait une flamme intense devant la caisse à vent; mais bientôt le courant diminuait d'intensité et le gaz s'éteignait spontanément après quelques minutes, bien que le cylindre de fonte restât constamment rouge.

L'explication de ces faits me semble résulter des indications que j'ai données plus haut sur l'action calorifique, produite par la décomposition de la vapeur d'eau au contact du charbon; il y a absorption d'une grande quantité de chaleur latente, et par conséquent refroidissement du charbon et du vase dans lequel on opère. Dans les expériences que je viens de citer, il est évident que la quantité de chaleur rendue latente par la décomposition de la vapeur d'eau, n'était pas restituée assez promptement au charbon en raison du peu de conductibilité de cette matière et du cylindre en fonte. La proportion de chaleur rendue latente, est plus du tiers de celle développée par la combustion du gaz produit (1).

En lançant sur le charbon de la vapeur d'eau,

---

(1) 1k.08 de charbon produisent 7.858 unités de chaleur par leur combustion dans l'air; par l'action de la vapeur d'eau, ils donnent 2 mètres cubes oxyde de carbone et 2 mètres cubes d'hydrogène, dont la combustion totale produit 12.520 unités de chaleur. Il y aura donc absorption de 4662 unités de chaleur dans la décomposition de la vapeur d'eau correspondante à 1k.,08 de charbon.

préalablement chauffée dans des tuyaux jusqu'à 400 à 500°, et en augmentant la longueur de la colonne de charbon traversée, on serait peut-être arrivé à des résultats satisfaisants.

Nous avons ensuite cherché à utiliser le gaz produit par la réaction de l'air sur le charbon en excès. Nous n'avions pas pu disposer l'appareil de combustion comme je l'ai indiqué plus haut (*fig.* 9); le générateur était placé à l'arrière du four, et le mélange d'oxyde de carbone et d'azote produit dans cet appareil traversait le cylindre en fonte placé dans la cheminée du four à puddler, pour arriver à l'orifice de sortie. L'air destiné à la production du gaz arrivait directement dans le cendrier, et pénétrait dans le générateur par une fente latérale qui servait aussi au passage des cendres du combustible.

Nous avons commencé par charger du charbon de bois dans le générateur, puis de la braise, et on a fini par l'alimenter uniquement avec du fraisil de halle et de la poussière de charbon. Dans tous les cas, on a produit constamment la quantité de gaz nécessaire pour porter au blanc la température du four à réverbère et pour y fondre la fonte. Quand on employait du fraisil chargé de matières terreuses, il fallait arrêter le vent de temps en temps pour nettoyer la fente placée au bas du générateur, qui s'obstruait par des scories et qui ne laissait plus passer assez d'air.

En faisant arriver à la fois dans le cendrier du générateur de l'air et de la vapeur d'eau, on produit, comme dans les cas précédents, un courant de gaz suffisant pour maintenir au blanc le petit four à puddler. Les cendres du combustible ne fondent

plus, et arrivent beaucoup plus facilement dans le cendrier.

Le temps ne m'a pas permis de continuer ces essais et d'en comparer les résultats économiques. Ceux que je viens de décrire ont été faits à la hâte; le petit four à puddler et tous les appareils nécessaires ont été établis en deux jours. Il serait, je pense, très-facile de monter un four d'essai, où l'on éviterait les inconvénients que j'ai indiqués et qui tiennent à la rapidité avec laquelle ces essais ont été faits. Je crois cependant pouvoir en tirer cette conséquence : avec toute espèce de combustibles, même avec ceux très-chargés de matières terreuses, on peut arriver à produire, par l'emploi simultané de l'air et de la vapeur d'eau, un gaz dont la combustion par de l'air chaud peut donner les températures les plus élevées dont on ait besoin dans la métallurgie du fer.

Les anthracites et les houilles sèches et terreuses seraient brûlées avec avantage par ce procédé : dans ce dernier cas, on brûlerait avec l'oxyde de carbone et l'hydrogène provenant de la base du générateur toutes les matières volatiles que dégagent les houilles à la distillation.

Les indications que je viens de présenter sont, sans doute, encore fort incomplètes. J'espère pourtant qu'elles pourront être de quelque utilité aux maîtres de forges en les engageant à répéter et à varier ces essais sur un sujet qui me paraît d'une grande importance pour les progrès futurs de leur industrie.

NOTICE

Sur les minerais d'argent du Chili, et sur les procédés qui sont employés pour leur traitement;

Par M. IGNACE DOMEYKO.

On a trouvé des mines d'argent dans toute la chaîne des Andes du Chili, depuis Copiapo jusqu'à plus de 20 lieues au delà de San Iago; mais ces mines diffèrent beaucoup quant à la richesse et à la nature des minerais. Les plus riches sont au nord, les plus pauvres sont au sud; les plus chlorurées au nord, les plus sulfurées au sud; la loi du minerai montant à mesure qu'on avance au nord, la quantité de minerai paraît diminuer, tandis que la loi diminuant dans les minerais du sud, on voit l'argent disséminé dans des masses considérables.

On peut diviser en cinq classes les minerais les plus abondants du Chili :

1° Amalgames natifs ($Hg\,Ag^6$) : — mines d'Arqueros;

2° Chlorures d'argent mélangés d'argent natif: — mines de Chañareillo, de Agua Amarga, etc.;

3° Minerais arséniurés : — mines de Carisso, Ladrillos, San Felis, etc;

4° Cuivres gris et panachés : — mines de Machetillo, Los Porotos, San Pedro Nolasco, etc.

5° Galènes et blendes : — filons innombrables.

On n'a trouvé jusqu'à présent de l'amalgame qu'à Arqueros, à 12 lieues de Coquimbo; il n'y a presque pas de chlorures au sud de Coquimbo;

les minerais arséniurés sont abondants à Copiapo et Huasco, mais ils sont rares dans le sud; tandis que les cuivres gris, les blendes et les galènes se montrent dans toute la chaîne des Cordillères, depuis San Pedro Nolasco jusqu'à Copiapo, et se trouvent en plus grande abondance dans le sud que dans le nord. Quant à la hauteur à laquelle se montrent ces diverses espèces de minerais, je dirai qu'aucune mine d'argent n'a été trouvée près de la côte, que les plus rapprochées ne sont qu'à 11 ou 12 lieues de la mer, que les chlorures et amalgames natifs, l'argent natif et les arséniures se montrent à mi-côte et toujours plus près de la mer que les cuivres gris, les galènes et les blendes, dont les filons traversent la partie haute du système.

Première classe de minerais. — Cette classe ne comprend qu'une seule espèce minéralogique, et je renvoie, pour tout ce que je pourrais dire à cet égard, au mémoire qui est spécialement consacré à ce sujet (1).

Seconde classe. — Les minerais de cette classe sont presque les seuls qui sortent des mines les plus importantes du Chili à Chañareillo. Il n'est pas rare d'y trouver des veines de 1 à 2 centimètres de largeur de chlorure pur, quelquefois stalactiforme ou concrétionné, demi-transparent, verdâtre, noirâtre et rarement blanc. On en a trouvé des amas assez considérables, du poids de 20 à 30 quintaux, aux affleurements des filons; mais, dans ce cas, le chlorure était mélangé d'argent métallique. On cite un bloc de cette nature qu'on a découvert dans la mine Manto de los Bolados à Chañarcillo, et qui contenait un noyau

---

(1) Même volume, page 255.

d'argent métallique presque pur, pesant 32 quintaux. Les filons les plus riches en chlorure n'ont jamais donné de ce minéral cristallisé; au contraire, on en a trouvé quelques échantillons contenant des cristaux cubiques, octaédriques, et cubo-octaèdres de 0^m,002 de diamètre dans les mines du Huasco Allo qui n'ont jamais produit autant de chlorure que celle de Copiapo.

Les variétés les plus communes parmi les minerais de cette classe sont du genre de *los pacos* et *los colorados*, qui sont des mélanges de chlorure et d'argent métallique dans des gangues ocracées. Mais on y remarque surtout une variété grise très-singulière, qui, dans ses caractères extérieurs, indique une homogénéité parfaite et l'absence de parties métalliques et chlorurées d'argent, et qui malgré cela ne renferme pas moins de 24 p. 0/0 d'argent avec plus de dix éléments différents entrant dans sa composition, comme on le voit par les résultats de l'analyse que je rapporte.

Chlorure d'argent.	0,229
Argent métallique.	0,082
Antimoine. } provenant de l'ar-	
Soufre. } gent rouge.	0,006
Carbonate de chaux.	0,397
Carbonate de magnésie.	0,018
Carbonate de zinc.	0,123
Fer, alumine, oxyde de zinc.	0,072
Argile inattaquable.	0,051
	0,978

On a trouvé ce minerai aux affleurements du filon de la Descubridora à Chañareillo, formant une masse du poids de plusieurs quintaux, et traversée par des veinules de chlorure pur. Il arrive

que le minerai de cette espèce, tout en conservant sa richesse et son aspect, varie de principes constitutifs et se trouve chargé de parties antimoniées et sulfurées.

Un autre minerai, très-estimé à Chañarcillo, porte le nom de *minerai cendré* (metal ceniciento) par la couleur de cendre qu'il possède. Il contient :

Chlorure d'argent. . .	0,062
Argent métallique. . .	0,007
Carbonate de chaux. .	0,572
Carbonate de magnésie.	0,209
Carbonate de zinc. . .	0,036
Oxyde de fer.	0,008
Silice opaline.	0,005
Argile insoluble. . . .	0,092
	0,991

On trouve aussi dans ces mines un autre minerai qui contient les mêmes éléments que le précédent, seulement en proportions différentes, et son grain est excessivement fin, terreux, tandis que la structure du minerai précédent est saccharoïde. Les minerais de cette couleur ne renferment pas ordinairement de sulfure ni de sulfo-antimoniure.

Comme la plupart des minerais des deux dernières espèces n'accusent pas à la vue la présence de l'argent métallique, même au moyen du microscope, ne serait-il pas probable qu'une partie de l'argent s'y trouve à l'état de sous-chlorure qui se transforme en argent et en chlorure lorsqu'on le traite soit par l'acide nitrique, soit par l'ammoniaque.

Les minéraux qui accompagnent le chlorure et qui ne se trouvent qu'en très-petite quantité dans ces minerais, sont :

L'argent rouge arsénifère (rubiblende, rocicler).

Le sulfure d'argent amorphe.

Le sulfure antimonial de l'espèce de roschgevachs.

Le rocicler de Carriso contient :

Argent.	0,6385
Antimoine.	0,0070
Arsenic.	0,1385
Soufre.	0,1800
Cobalt.	0,0019
Fer.	0,0096
Gangue.	0,0160
	0,9915

L'arséniate de cobalt, la calamine, la chaux rhomboédrique primitive, etc.

La gangue se compose en grande partie d'argiles ocreuses, de baryte et de carbonates multiples de chaux, de magnésie, de zinc. Elle est presque toujours calcaire, et lorsqu'elle devient quartzeuse le minerai disparaît ou change de nature, passant à l'argent métallique ou aux espèces sulfurées et arséniurées.

Les minerais de cette classe se trouvent dans des filons qui traversent un terrain stratifié, plus ou moins calcaire, et dans le voisinage de bancs coquilliers, qui, par la nature des fossiles, ne paraissent pas être antérieurs à l'époque jurassique.

3[e] *Classe.* — Les minerais de cette classe renferment :

L'arsenic natif, dont les variétés principales sont : A. testacé, A. compacte à cassure inégale, A. scoriacé léger ;

L'arséniure de fer ($Fe\,As^2$) de même composition que celui de Reichenstein, et qui, de même que celui de Silésie, contient 1 à 2 p. 0/0 de soufre ;

Le mispickel ordinaire, souvent cobaltifère, tantôt grenu, tantôt lamellaire ou fibreux.

L'arséniure de Carriso contient :

Arsenic.	0,703
Fer.	0,276
Soufre.	0,011
Antimoine.	traces.
Gangue.	0,005
Argent.	0,002
	0,997

Minéraux associés : — argent rouge arsenical ; — argent métallique, très-souvent filiforme ; — arséniure de cobalt cubique ; — cobalt gris et cobalt arséniaté ; antimoine natif (rare) ; — pyrites de fer ; — la blende, et quelquefois le cuivre gris, etc.

La gangue est beaucoup plus quartzeuse que celle des minerais chlorurés, moins barytifère et moins calcaire.

La loi de ces minerais est très-variable. Il y en a qui sont très-riches et d'autres qui ne contiennent que des traces d'argent. Voici quels sont les caractères qui indiquent leur richesse : pour l'arsenic natif, plus il est pesant, compacte, homogène, moins il est riche ; et au contraire, plus il est poreux, scoriacé, mélangé de gangue et de minéraux étrangers, plus il est riche. Or, dans ce dernier cas, on remarque que ce n'est pas un arséniure d'argent qui fait augmenter la loi, mais l'argent filiforme ou l'argent disséminé en petites particules perceptibles à la vue.

La même remarque s'applique à l'arséniure de fer : plus il est homogène, massif, pesant, dépourvu de gangue et de minéraux étrangers, moins il est riche. Ainsi, en essayant les arséniures de

la mine de Carriso (au Huasco), j'ai trouvé que le minerai pur, brillant, sans aucun mélange de blende, à cassure grenue et sublamellaire, ne contenait que 0,002 d'argent; le même minerai mélangé de blende, d'un grain plus fin, terne, grisâtre contenait 0,0034 d'argent; enfin un autre provenant de la même veine métallique, mais très-hétérogène, mélangé de beaucoup de gangue donna à l'essai 7 $\frac{28}{100}$ pour cent d'argent. Dans ce dernier minerai on apercevait déjà à la vue des particules d'argent métallique et d'argent rouge au milieu des grains d'arséniure de fer, de blende et de pyrite.

Un fait analogue a été remarqué dans les mispickels argentifères de San Felis, Ladrillos, Chañareillo, etc. Toutes les fois que la loi du minerai dépasse 0,005, on y distingue déjà de l'argent à la simple vue, tandis que le mispickel pur, lamellaire ou grenu, ne contient que 4, 5 et rarement 15 à 30 marcs d'argent pour 64 quintaux.

J'ai aussi vu dans quelques échantillons de minerais qui m'ont été envoyés des mines de Punta-Brava (Copiapo) de l'argent métallique filiforme au milieu de l'arséniure et de l'arséniate de cobalt.

Dernièrement on a découvert dans le département de Iliapel, à peu près à 30 lieues de la côte, dans un endroit nommé Calaboso, quelques veines métalliques qui à leurs affleurements contenaient de l'argent métallique disséminé en petites parcelles au milieu de l'oxydule de cuivre et bientôt au-dessous on trouva de l'arséniure de cuivre. Ce dernier ne renfermait pas d'argent, ni le minerai argentifère d'arsenic.

Du reste, aucune mine jusqu'à présent n'a pro-

duit de l'arséniure pur ni de l'antimoniure pur d'argent, et tout me porte à croire que la totalité d'argent dans les minerais de cette troisième classe se trouve à l'état métallique ou à l'état de sulfo-arséniure et sulfo-antimoniure.

4ᵉ *classe*. Parmi les cuivres gris que produisent les mines du Chili, il y en a peu qui soient arsénifères, et en général ceux-ci sont moins riches que les cuivres gris antimonifères. Comme toutes les substances métalliques de ce pays, les cuivres gris ne se trouvent que très-rarement cristallisés. J'en ai vu cependant qui renfermaient quelques cristaux tétraédriques, et d'autres qui paraissent cristalliser dans le système prismatique et présentent des formes très-compliquées avec grand nombre de facettes très-brillantes. La variété pure de cette espèce, celle qui sort des mines de Machetillo m'a donné dans le plus grand nombre de cas une loi de 0,011; tandis qu'une autre espèce contenant près de 2 p. 0/0 d'arsenic et qu'on retire d'une mine près de Andacollo ne contient que 30 à 34 marcs d'argent pour 64 quintaux (0,0025).

Les cuivres panachés qui proviennent des mines situées près de la côte ne contiennent pas d'argent; et ce n'est qu'à la hauteur qui correspond aux mines d'argent du nord, et dans un terrain analogue, stratifié, que la plupart des minerais de cuivre deviennent argentifères. Ainsi, les principales mines de cuivre de Tamaya, de la Higuera, de San Juan, del Carrisal, dont la distance à la mer n'est que de six à huit lieues, et dont le gisement se rapporte aux masses porphyroïdes et dioritiques non stratifiées, toutes ces mines ne contiennent pas de traces d'argent; tandis que les

cuivres panachés et pyriteux des départements de Combarbala, de Iliapel et de Aconcagua (mines : la Culevra, San Lorenzo, Los Sapos et Peral, Catema, etc.) sont dans le plus grand nombre de cas argentifères. Leur loi est très-variable : il y en a qui ne contiennent pas de traces d'argent, quoique d'autres qu'on retire des mêmes filons donnent 12 à 20 marcs au caisson. Il est très-rare que la loi du minerai dépasse 25 à 30 marcs au caisson ; il arrive cependant d'en trouver 50 à 60 marcs pour 64 quintaux. On a remarqué qu'en général les cuivres panachés commencent à contenir de l'argent dans les latitudes où on ne trouve plus de chlorures ni d'amalgames.

Tout l'argent des minerais de cette quatrième classe se trouve à l'état de sulfure et il est très-rare d'y trouver de l'argent métallique ; lorsque même on l'aperçoit, ce ne sont que des paillettes d'argent blanc excessivement minces qui, à l'ordinaire, se portent aux épontes argileuses ou bien à l'affleurement du filon.

La gangue de ces minerais est toujours argileuse, et même le terrain que traversent les filons de cette espèce, au lieu d'être plus ou moins calcaire comme celui des minerais de la seconde classe, se compose ordinairement de bancs porphyroïdes stratifiés.

5ᵉ *classe*. — Les blendes et les galènes de ce pays sont tellement pauvres en argent que jusqu'à présent personne n'a entrepris de les exploiter, malgré l'extrême abondance des filons de cette nature qu'on rencontre dans la partie haute des Cordillères. De nombreux essais faits au laboratoire du collége de Coquimbo m'ont prouvé qu'en général les blendes ne contiennent que 3,

4 à 5 marcs d'argent au caisson et que les galènes dans le plus grand nombre de cas contiennent 6, 7, 10 jusqu'à 14 et 16 marcs d'argent au caisson. Celles mêmes qui se trouvent accidentellement dans les filons d'argent chloruré ou dans les filons de cuivre gris, ne donnent ordinairement que 18, 20 à 26 marcs au caisson. Ainsi, en examinant les minerais de Machetillo qui se composent de cuivre gris et de galène, les deux espèces se trouvant en contact l'une de l'autre, sans se mélanger ni former des sulfures doubles, on a trouvé que le cuivre gris pur contenait 218 marcs au caisson et la galène prise sur le même échantillon ne donna que 18 marcs au caisson (sur 64 quintaux).

En général les galènes du sud sont plus riches que celles du nord, et la richesse ne paraît pas dépendre de la largeur des facettes.

Un seul cas, qui fait exception à ce que *je viens* de dire, se présente dans la mine de Rapes (province de Coquimbo, département de Ovalle) d'où on a sorti dernièrement une galène à facettes moyennes, très-brillantes, et qui donne 82 marcs au caisson (0,0065). Il est vrai que quelques parties de ce minerai présentent de l'argent métallique à la vue, mais en général la masse paraît être homogène et dépourvue de particules d'argent. Du reste, la mine n'a donné jusqu'à présent que quelques centaines de quintaux de ce minerai, et elle est bien loin d'être aussi abondante en minerai que les filons ordinaires de galène.

Passons maintenant aux procédés métallurgiques qu'on emploie dans le pays pour le traitement de ces divers minerais.

Aucun procédé de traitement de minerais d'ar-

gent par fondage n'est pratiqué au Chili, et les diverses méthodes d'amalgamation qui sont employées, peuvent se réduire à trois méthodes principales.

La première, qui est la méthode ordinaire américaine, sans magistral et sans grillage préalable, s'applique aux amalgames natifs, et aux minerais d'argent métallique, mélangé de chlorure. On s'en sert aussi pour le traitement des minerais arséniés lorsqu'ils ne contiennent pas beaucoup d'argent rouge.

La seconde n'est applicable qu'aux minerais très-chlorurés de Copiapo, et consiste à réduire ces chlorures par le fer, en présence du mercure, au moyen des machines.

La troisième est employée pour les minerais de la quatrième classe, connus dans le pays sous le nom de *metales frios*. Elle est semblable à la première; seulement on est obligé de griller le minerai avant de le soumettre à l'amalgamation, ou bien on emploie le magistral, ce qui complique et prolonge ordinairement le procédé.

Première méthode. — Je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai dit de cette méthode dans mon mémoire sur les amalgames natifs. On emploie au Huasco et à Copiapo, pour le traitement des minerais qui renferment de l'argent métallique ou chloruré, la même méthode qu'à Coquimbo. Seulement, dans le cas où il y a du chlorure d'argent, on se sert ordinairement de plomb à l'état de *pir* (1), afin de diminuer la perte de

(1) C'est un amalgame de plomb réduit en poudre, et composé de parties égales de plomb et de mercure.

mercure et d'accélérer l'opération. Il arrive que les mêmes minerais, contenant des parties sulfurées en quantité notable, l'amalgamateur se trouve dans la nécessité de se servir du magistral et de prolonger l'opération : dans ce cas, c'est la troisième méthode qu'on met à exécution. J'ai aussi entendu dire que quelques minerais arséniurés, lorsqu'ils sont très-chargés d'arsenic, sont soumis à un grillage préalable avant de passer à l'atelier d'amalgamation. En général les ouvriers redoutent beaucoup ce grillage, non-seulement comme étant nuisible à leur santé, mais aussi parce qu'ils prétendent qu'une partie notable d'argent se volatilise avec l'arsenic (1). Je n'ai pas eu l'occasion de voir exécuter cette opération en grand.

Seconde méthode. — Cette méthode n'est connue qu'à Copiapo, où il y a des minerais qui ne contiennent que du chlorure mélangé d'argent métallique excessivement divisé. L'opération s'exécute dans vingt-quatre heures au moyen de machines d'une construction fort simple et fort commode. On voit déjà deux espèces de ces machines établies dans la ville de Copiapo : l'une est connue sous le nom de machine de Cooper, et l'autre, semblable à celle de Freyberg, a été dernièrement construite par Miller. Commençons par la première.

MACHINE DE COOPER. — Elle porte le nom d'un mécanicien anglais qui fut le premier à la construire à Copiapo, il y a cinq ans. Elle se compose de six cuves verticales, fixes, rangées autour de l'arbre vertical A (*fig.* 6, *Pl. VII*) d'une roue dentée

(1) Ils ont l'habitude de dire que *la plata se va en humo*, l'argent s'en va avec la fumée.

horizontale R, d'environ 2 mètres de diamètre. Cette roue avec son arbre sont mis en mouvement par une roue verticale à augets, qui reçoit l'eau au sommet. Les fonds *f* des cuves sont en grosses plaques de fonte, sur lesquelles se meuvent à frottement des pièces de fonte en forme de croix *m*. Le mouvement de ces pièces s'effectue au moyen des axes verticaux *v* placés au centre des cuves, et portant à leur sommet des pignons qui engrènent avec la roue horizontale R. Les axes des cuves sont en fer battu carré ; ils se trouvent enchâssés dans les trous de même forme pratiqués au centre des croix, et ces trous sont assez grands pour que l'axe, tout en mettant en mouvement la croix, ne la soutienne pas et la laisse peser de tout son poids sur le fond ; de sorte que ces croix descendent d'elles-mêmes à mesure qu'elles s'usent et que les fonds se détériorent. Les cuves ont $1^m,66$ de diamètre intérieur en bas, et elles sont un peu plus larges à leur partie supérieure ; elles ont environ 1 mètre de hauteur.

On croyait dans le temps que l'effet de cette machine dépendait du poids des croix et on donnait à leurs bras la forme d'un prisme à quatre pans de mêmes hauteur et largeur, mais le prisme était oblique (comme le représente la *fig.* 8, qui est une coupe verticale dans le plan normal à la courbure du bras). Chaque croix pesait environ 5 quintaux anglais et son diamètre était presque égal à celui du fond. Bientôt on s'aperçut que, les pièces mobiles s'usant, l'effet de la machine était le même et que l'on consommait incomparablement moins de force. On a laissé fonctionner la machine jusqu'à ce que les croix fussent réduites à 1 pouce d'épaisseur et la promp-

titude avec laquelle l'amalgamation s'effectuait était encore la même. Mais on remarqua que ces pièces devenant trop minces, la masse ne se remuait pas assez et le lavage devenait long; on a donc fixé sur ces mêmes croix déjà usées des lames de fer placées verticalement de même longueur que les bras et de la hauteur qu'avaient ces croix quand elles étaient neuves. Cette disposition ayant réussi, on a adopté pour les croix récemment faites en Angleterre, la forme d'un prisme triangulaire dont la section transversale est représentée par la *fig.* 9. L'arête *a* est tournée du côté vers lequel la croix se meut, et l'arête *b* du côté opposé. Ces croix nouvelles ne pèsent que 3 quintaux anglais chacune et produisent le même effet que les anciennes.

Ayant ainsi reconnu que le poids de ces pièces et par conséquent la pression qui s'exerce entre elles et les fonds des cuves n'avaient pas d'influence sur l'effet de la machine, on a supposé que cet effet dépendait de la surface du contact, et par cette raison, dans le but d'augmenter le contact du frottement, on a fait allonger et courber les bras des croix comme l'indique la *fig.* 7.

Les fonds des cuves ont $0^m,06$ d'épaisseur, et on a remarqué qu'ils s'usent et se détériorent plus vite que les croix. Un grand inconvénient résulte de ce que ces fonds ne se détériorent pas également sur toute leur surface; car les parties lourdes de minerai et de mercure se portant toujours vers la circonférence, c'est là que la plaque d'en bas s'use davantage et laisse une cannelure circulaire assez profonde avant que le centre soit rongé. Outre ce canal qui se forme près de la circonférence, il s'en forme un autre moins profond

et moins large à peu près au tiers du rayon à partir du centre.

Charge. — La quantité de minerai qu'on met dans chaque cuve dépend de la loi du minerai : on s'arrange de manière que la charge de chaque cuve ne contienne pas plus de 90 à 100 marcs d'argent. Pour les minerais ordinaires la charge totale de six cuves est de 60 quintaux, et on la diminue pour les minerais dont la loi dépasse 600 marcs au caisson. On ajoute 6, 7 et jusqu'à 8 livres de mercure pour chaque marc d'argent qu'on suppose dans le minerai; on reconnaît la loi par un essai approximatif fait à la *chua* (1). Quant au sel marin, ordinairement on ne s'en sert pas, et quelquefois on en met 8 à 10 livres dans chaque cuve dans le but d'accélérer la réaction ; car on a remarqué que surtout en hiver l'amalgamation s'effectue deux à trois heures plus vite à l'aide du sel que lorsqu'on n'en emploie guère.

Opération. — On apporte le minerai à l'établissement dans des sacs de cuir, concassé en petits morceaux de la grosseur d'une noix, et on commence par le moudre dans un moulin à eau (trapiche) comme on le fait pour tous les minerais d'argent en Amérique. Les boues qui en résultent emportent tout l'argent et il n'en reste guère dans le bassin : en quoi ces minerais diffèrent beaucoup de ceux d'amalgames natifs qui souvent laissent plus des $\frac{4}{5}$ de leur richesse sous la meule. Le minerai étant ainsi préparé et les cuves de la machine parfaitement vides, on commence

---

(1) Je donne l'explication de ce mode d'essayer dans le mémoire sur les amalgames, même volume, pag. 292.

par verser tout le mercure à la fois; on ajoute un peu d'eau, et pendant qu'on fait marcher la machine, on apporte les boues et on les projette par mesures de capacité d'un quintal de minerai que l'on distribue successivement dans toutes les cuves. En moins d'une heure le chargement est terminé; on remplit les cuves d'eau à peu près à la moitié de leur hauteur, et on imprime à la roue une vitesse suffisante pour que les croix fassent environ 27 à 30 tours par minute. On a remarqué que lorsqu'on verse trop d'eau, l'amalgamation est retardée et les particules d'argent ont de la peine à descendre.

Le directeur d'établissement a reconnu que presque la totalité d'argent se trouve amalgamée (rendida) au bout de quatre heures de travail, et qu'il n'y a que quelques particules légères, flottantes dans l'eau, et d'autres engagées dans la gangue qui demandent à prolonger l'opération. Du reste, celle-ci marche d'elle-même; on ne fait que sortir de temps en temps un peu de boue de chaque cuve et de l'essayer à la *chua* pour voir s'il est nécessaire d'ajouter du mercure, d'arrêter ou de continuer l'opération.

On fait ainsi marcher la machine pendant treize, quatorze ou seize heures, selon la nature du minerai, sa richesse et la température de l'air; et lorsque l'essayeur reconnaît sur sa *chua* que toute la bordure (liz) verdâtre, grise ou semi-métallique, composée de particules argentées et chlorurées a disparu, il fait ralentir la marche de la machine au point de n'imprimer aux croix que quinze à seize tours par minute; et c'est alors que commence la seconde partie de l'opération, qui est le *lavage*.

Pour cela, on passe dans toutes les cuves des courants d'eau continus, et on ouvre des trous qui se trouvent pratiqués dans les parois des cuves à peu près à la hauteur à laquelle se maintenait le niveau d'eau pendant la première période du travail. La vitesse des courants continus, et la quantité d'eau qu'ils introduisent, sont réglées de manière que l'eau dans les cuves se maintient toujours au même niveau; et on continue à faire marcher la machine jusqu'à ce que l'eau qui sort des cuves devienne bien claire. Alors on ouvre d'autres trous qui se trouvent au-dessous des premiers, et, tout en continuant à faire courir les croix avec la même vitesse, on baisse successivement le niveau d'eau dans les cuves, jusqu'à ce qu'il ne reste que de l'amalgame avec un peu de sable grossier que le courant ne peut emporter. On débouche alors les trous qui sont au fond des cuves, et on fait passer l'amalgame dans des pots de fonte où on le nettoie, etc.

Le lavage ne dure que sept à huit heures, et toute la série d'opérations, depuis le chargement de mercure jusqu'au moment où l'amalgame est livré à l'autre atelier, dans lequel on le filtre, se termine dans moins de vingt-quatre heures.

Le principal avantage que cette machine offre aux propriétaires de minerais, résulte de la promptitude du procédé et de la sûreté qu'offre l'établissement pour prévenir le vol et la fraude. Dans tout l'atelier il n'y a qu'un directeur, son aide, un ouvrier mécanicien pour réparer la machine, un homme qui soigne et dirige le moulin, et deux journaliers pour charger et décharger les cuves. On ne laisse entrer que des personnes de

confiance et les commis qui apportent les minerais. Le maître de l'établissement fournit le mercure et tout ce qui est nécessaire pour le traitement. Il se fait payer pour l'extraction de l'argent à raison de la loi des minerais. Ainsi, pour un caisson (64 quintaux) de minerai, dont la loi varie de 20 à 40 marcs au caisson, on donne la moitié de l'argent qu'on retire; lorsque la loi est de 44 à 50 marcs au caisson, on paye pour chaque marc d'argent, livré à l'état d'argent cru (piña), et non pas en barres, 2 piastres 6 réaux (environ 14 francs), et ce prix diminue à mesure que la loi augmente; de sorte que l'extraction de chaque marc d'argent des minerais, dont la loi est de 500 à 600 marcs au caisson, coûte une piastre, et celle qui correspond à la loi de 1001 à 1500 marcs au caisson, 5 réaux et demi par marc.

Perte d'argent et de mercure. — La perte de l'argent résulte d'abord de ce que l'argent qui se trouve à l'état de sulfure et de sulfo-antimoniure n'a pas le temps de se réduire en vingt-sept heures et ne pourrait pas se réduire complétement par cette méthode; ensuite il y a toujours des parties fines de chlorure qui, étant légères, se maintiennent au-dessus des croix et que le mouvement rotatoire de l'eau empêche de descendre; enfin il y a quelques particules d'amalgame que le courant emporte pendant le lavage. Par cette raison, la perte dépend principalement de la nature du minerai, et il arrive que lorsqu'il contient des parties sulfurées en proportion notable, la perte monte à plus de 30 marcs au caisson, ce qui égale la loi des minerais les plus abondants du Mexique et du Pérou. On a essayé de traiter les mêmes minerais par cette méthode

et par la méthode ordinaire; et d'après l'aveu des hommes consciencieux, on retirait un peu plus d'argent par cette dernière; mais les frais de traitement étaient plus grands, de sorte que, malgré la perte d'argent qu'on éprouve dans cette machine et qui n'est pas inconnue aux gens du pays, beaucoup de propriétaires envoient leurs minerais à cet établissement, à cause de l'avantage qu'ils ont de pouvoir réaliser immédiatement la valeur des minerais en argent, d'une manière prompte et commode. Aussi, il y a un an, la machine que j'ai décrite ne pouvant pas suffire aux besoins des mineurs, on en a fait construire une autre pareille, et on voit actuellement douze cuves en activité qui ne s'arrêtent que dans les mois d'été par manque d'eau et qui peuvent amalgamer près de deux caissons de minerai par vingt-quatre heures. La principale dépense de l'établissement provient de la perte de mercure, laquelle cependant est beaucoup moindre que dans la méthode ordinaire. Selon toutes les probabilités et selon l'aveu du directeur, elle ne dépasse pas 2 onces et demie à 4 onces par marc, ce qui ne laisse pas d'occasionner des frais considérables, le prix du mercure étant actuellement au Chili de 120 à 140 piastres le quintal.

Machine de Miller. Les propriétaires de la machine précédente ayant obtenu du gouvernement un privilége exclusif, un autre mécanicien anglais vient de construire une autre machine de construction tout à fait différente de la première, et semblable à celle de la machine de Halsbrücke en Saxe. Elle se compose de deux tonnes horizontales, tournant sur leurs axes et disposées de la même manière que celles de la machine de Freyberg, avec cette différence que le

même arbre de la roue à augets qui communique son mouvement aux tonnes, porte à un de ses bouts une roue dentée qui fait marcher deux cuves de lavage, et à l'autre bout une seconde roue dentée qui met en mouvement la meule d'un moulin à moudre le minerai. Les tonnes ont à peu près 1^m,25 de longueur sur 0^m,82 de diamètre ; elles sont en bois et doublées à l'intérieur en tôle. Les cuves de lavage ont un peu plus de deux mètres de hauteur, 1^m,1 de diamètre en bas et 1^m,4 de diamètre à leur partie supérieure. Dans chaque cuve il y a un axe vertical tournant sur son pivot au centre du fond de la cuve et qui porte un moulinet composé de tringles en fer. Les parois de chacune des deux cuves sont percées de quatre trous à différentes hauteurs et les trous bien bouchés.

Charge. — Chaque tonne contient six à sept *charges* de minerai, du poids total de 24 à 28 quintaux du pays. On ajoute six à sept livres de mercure pour chaque marc d'argent qu'on suppose dans le minerai, et on met dans les tonnes des plaques de fer, de la vieille ferraille, etc., dont on ne sait pas au juste le poids. Dernièrement, au lieu de se servir de fer en petits morceaux, on a imaginé de mettre dans chaque tonne huit morceaux de fer carré à peu près de la longueur des tonnes. On n'emploie pas de sel marin.

Opération. — On met à la fois toute la charge de minerai et de mercure et on remplit la tonne d'eau aux deux tiers ou aux trois quarts de sa capacité. On bouche bien l'ouverture avec une plaque en bois retenue par des barres de fer, et on fait tourner les tonnes pendant douze à quatorze heures, avec une vitesse de vingt à vingt-cinq

tours par minute. Dans cette opération, la température du mélange s'élève beaucoup; tandis que dans les machines de Cooper, la température de l'eau dans les cuves se maintient à 1° et quelquefois à 1° ½ au-dessous de celle de l'air.

Dans le courant de l'opération, on arrête de temps en temps les tonnes pour observer à la *chua* l'état dans lequel se trouve le mélange, et lorsqu'on aperçoit que tout l'argent chloruré et l'argent métallique ont disparu, on arrête la machine, on tourne la tonne de manière que son ouverture se trouve en bas, on ouvre la plaque et on fait écouler l'amalgame dans un baquet où on achève de le laver et de le nettoyer.

Dès qu'on voit qu'il ne reste plus d'amalgame liquide dans la tonne, on ferme l'ouverture, on ôte le baquet et on ouvre de nouveau la tonne pour passer les boues d'amalgamation dans un bassin qui se trouve au-dessous des tonnes. De là on transmet ces boues dans les cuves de lavage que l'on remplit d'eau jusqu'à la hauteur du trou le plus élevé. On fait tourner le moulinet jusqu'à ce que toute la masse soit bien déliée, et alors on ouvre les trous d'en haut et on passe dans les cuves un courant d'eau continu. On fait marcher les moulinets pendant environ une heure, et on ouvre un second trou situé immédiatement au-dessous du premier; puis on attend que l'eau qui sort soit presque limpide, et on ouvre un troisième trou d'en bas. On continue ainsi le lavage jusqu'à ce que toutes les particules d'amalgame qui avaient été disséminées dans la masse des boues dans les tonnes, aient le temps de se réunir au fond des cuves. Alors on réunit cet amalgame au précédent, on les filtre, etc. Pendant que cette

opération de lavage s'opère dans les cuves, on recharge les tonnes et on procède comme je l'ai dit auparavant; de sorte que, si toutes les parties de la machine pouvaient marcher en même temps, on amalgamerait plus de 200 quintaux de minerai dans vingt-quatre heures en employant à peu près le même nombre d'ouvriers que dans l'établissement précédent.

L'avantage que présente cette machine sur celle de Cooper, provient d'abord de ce que le lavage des boues effectué à part dans des cuves profondes et au moyen de moulinets, doit donner des résultats plus satisfaisants; en outre la masse entière des boues se remuant et se mélangeant mieux que dans la machine de Cooper, il y a plus de frottement et plus de surface de contact entre le fer, le minerai et le mercure, ce qui doit augmenter la réaction et empêcher que des particules légères de chlorure qui ont de la peine à descendre dans l'autre machine ne sortent de la sphère de cette réaction. Il est aussi probable que la température qui s'élève dans les tonnes accélère l'amalgamation. Il en résulte qu'il doit se perdre moins d'argent dans le traitement au moyen de cette machine que dans celle de Cooper, et effectivement les terres qui sortent de celle-ci se trouvent ordinairement plus riches que celles de l'établissement de Miller.

Tous ces avantages sont au profit des propriétaires des minerais, et le maître de l'établissement leur accorde un rabais de 20 p. 100 sur les prix institués dans l'établissement de Cooper ; et cependant la machine de Miller présente de grands inconvénients qui sont au préjudice de son propriétaire. Ainsi, on consomme beaucoup plus de force

pour remuer des tonnes excessivement lourdes que pour tourner les croix dans les cuves immobiles : ce qui ne laisse pas que d'être un inconvénient très-grave dans un endroit où l'eau manque souvent, même aux besoins de la ville. Aussi le moteur, qu'on croyait suffisant pour faire marcher toutes les parties de la machine à la fois, se trouve à peine capable de tourner une tonne avec les moulinets du lavage, et lorsqu'on fait marcher le moulin, on arrête ordinairement les tonnes. L'autre inconvénient provient de ce que le doublage intérieur des tonnes se dérange à tout moment; les pièces de tôle qu'on réunit à l'aide de petits clous se déchirent, le mercure entre dans les crevasses et se met entre la tôle et les parois : de là résulte, qu'on est obligé de renouveler le doublage presque tous les mois et de le réparer toutes les cinq à six opérations.

Un autre inconvénient encore résulte de ce que la masse du mercure et de l'amalgame qui se forme, se trouvant trop agitée et continuellement brisée contre les morceaux de fer, il se forme beaucoup de ce que certains amalgamateurs du pays appellent *desliz* et qui n'est que du mercure excessivement divisé en particules qui ne peuvent pas se réunir en gouttelettes, à cause probablement d'un peu d'oxyde ou de quelques traces de sulfure qui se forment en même temps ; les particules se perdent dans le lavage, et c'est principalement à cette cause que le maître de l'établissement attribue la perte de mercure qui monte quelquefois à plus de six onces par marc d'argent. Pour remédier à cela, on est en train de modifier la machine; on fait des tonnes beaucoup plus

petites que les anciennes, et on va diminuer la vitesse du mouvement.

Maintenant, on voudrait peut-être savoir ce qu'on fait avec les terres qui proviennent du lavage et qu'on jette par conséquent dans les deux établissements comme choses inutiles, quoique ces terres renferment rarement moins de dix à douze marcs au caisson ? On les livre aux gens pauvres qui les lavent à petit courant d'eau sur des plans bien peu inclinés, bien unis et couverts de peaux de moutons à poil coupé court, nommés *maritatas*. Ce procédé, lent et très-imparfait, n'apporte que peu de profit et suffit à peine pour faire subsister les familles des ouvriers qui s'en occupent.

On est souvent obligé d'arrêter les machines à cause du manque d'eau, surtout pendant les mois d'été, ou pour les réparations nécessaires à leur entretien. Cependant on évalue à plus de trente mille quintaux du pays la quantité de minerais qu'on amalgame dans ces deux établissements par an. Tout ce minerai provient des mines de Chañareillo, et il est rare qu'on apporte des minerais qui contiennent moins de soixante marcs au caisson. Dans le plus grand nombre de cas, la loi varie de quatre-vingts à cent vingt ou cent quarante marcs au caisson, et en général, les minerais de première qualité (metales de rancho) donnent trois cents, cinq cents, jusqu'à neuf cents et mille marcs d'argent au caisson. Et, comme ces derniers ne se trouvent qu'en petite proportion relativement aux autres, on n'évalue qu'à cent marcs au caisson (0,00781) la loi moyenne des minerais qu'on traite par cette méthode ; ce qui donne plus de quarante mille marcs d'argent qui sortent de ces deux établissements par an. Comme les

provinces du Nord sont très-arides et que les communications y sont très-difficiles, la main-d'œuvre, les vivres, les transports y sont tellement chers, que, suivant l'opinion répandue dans le pays, il n'y a pas d'avantage à exploiter les mines dont les minerais contiennent moins de cinquante marcs au caisson (0,0039).

Troisième méthode. Il me reste maintenant à dire quelques mots sur la méthode qui s'applique aux minerais sulfurés, comme le cuivre gris, les cuivres panachés et pyriteux, etc. On sait que le traitement de ces minerais demande l'emploi du magistral ou un grillage préalable. Les amalgamateurs du pays, étant habitués au traitement des minerais chlorurés et d'argent métallique, ne paraissent pas entendre aussi bien l'emploi du magistral que ceux qui travaillent dans d'autres parties de l'Amérique, où la quantité des minerais sulfurés dépasse de beaucoup celle des minerais chlorurés. Au Chili, jusqu'à présent, la quantité d'argent qui provient de ces minerais qui portent particulièrement le nom de *metales frios*, forme à peine la centième partie de l'argent que produisent les mines du pays. A peine y a-t-il trois ou quatre ateliers d'amalgamation, auxquels de temps en temps on apporte quelques caissons de ce minerai ; aussi les maîtres d'ateliers préfèrent ramener leur traitement à la méthode ordinaire, en leur faisant subir un léger grillage, plutôt que de traiter le minerai cru au moyen du magistral. Ils croient que le grillage fait sortir l'argent de l'état de combinaison qui l'empêche de céder à l'action du mercure, et qu'il le transforme en argent métallique. Ordinairement on exécute le grillage sans ajouter de sel, et ce n'est que dans un atelier près de San

Pedro Nolasco, à Tollo, qu'on projette du sel marin sur le minerai pendant le grillage. On craint surtout d'élever trop la température du fourneau, car dans les cas où les particules du minerai, qui sont toujours très-fusibles, éprouvent une demi-fusion, l'opération est considérée comme manquée et l'argent perdu. Pour éviter cet inconvénient, on a construit dans cette usine de Tollo un four ouvert, sans voûte, et la sole du fourneau sur laquelle on projette le minerai est chauffée par-dessous. Lorsque le grillage se prolonge trop, on éprouve encore un autre inconvénient; celui d'augmenter la perte de mercure, probablement à cause d'une trop grande quantité de persulfate qui se forme et qui ensuite produit l'effet du magistral. En tous cas, lors même que l'opération réussit, on perd trois et quatre fois plus de mercure que dans le traitement des minerais ordinaires du pays, non sulfurés, et l'amalgamation dure quatorze à dix-huit et vingt jours. Par ces raisons, et à cause des frais qui en résultent, on ne traite de ces minerais que lorsqu'ils sont riches, comme par exemple ceux de Machetillo qui donnent ordinairement plus de soixante-dix marcs au caisson, ou bien, lorsque les mines sont assez riches en minerai et que celui-ci contient au moins trente marcs au caisson, comme par exemple dans certaines mines du département de Combarbala, de Catemu, dans la province de Aconcagua, et dans celles de San Pedro Nolasco. Toutes ces mines situées dans les provinces du Sud où les vivres et la main-d'œuvre sont moins chers, se travaillent avec un certain profit, qui ne serait pas réalisable dans des mines de même nature dans le Nord. Du reste, les gens du pays connaissent bien les défauts du procédé et

les pertes qu'il occasionne, et s'ils ne cherchent pas à le perfectionner, c'est parce qu'on n'a pas trouvé de mines de cette espèce qui fussent aussi considérables que celles d'argent métallique et d'argent chloruré dans le Nord.

Quant aux nombreux filons de galène qui restent sans aucun avantage pour le pays, outre la loi basse de ces minerais qui forme la principale cause de ce qu'on n'a jamais pu en tirer parti, il faut citer parmi les causes qui rendront difficile leur traitement, d'abord le manque de combustible dans toute la région des mines, depuis Aconcagua jusqu'à Copiapo, et ensuite, dans la plupart des localités, le manque d'eau pour effectuer les opérations préparatoires.

Explication des figures 4, 6, 7, 8, 9, *Pl. VII, qui se rapportent aux deux mémoires de M. Domeyko, pages* 255 *et* 469.

Fig. 4. Assiette appelée *chua*, servant à l'essai des produits de l'amalgamation des minerais d'argent du Chili.

F. Le fond de la *chua*.

1. Le sable barytifère.

2. La *pella* ou l'amalgame.

3. Bordure appelée *liz*, partie essentielle de l'essai.

Fig. 6. Coupe verticale d'une des tonnes d'amalgamation de la machine de Cooper à Copiapo, page 480.

Fig. 7. Plan de la pièce mobile *m*.

Fig. 8 et 9. Sections normales à la courbure des bras de la pièce *m*.

NOTICE

Sur le gisement, l'exploitation et le lavage du minerai de fer dit d'alluvion, dans l'arrondissement d'Avesnes, département du Nord.

Par M. P.-A. DROUOT, Ingénieur des mines.

Constitution géologique du pays.

Les formations géologiques qui constituent le sol de l'arrondissement d'Avesnes, consistent en terrain de transition recouvert par du terrain tertiaire.

La partie supérieure du terrain de transition est composée de bancs de schiste plus ou moins argileux et micacé, passant quelquefois à un grès dont les grains ordinairement fins atteignent rarement la grosseur d'un pois.

La partie inférieure de ce terrain consiste en bancs de calcaire bleuâtre, très-souvent exploités comme marbre et bien connus à cet égard.

Cette formation de transition a été soulevée dans la direction E. 10° N. à O, 10° S. de manière à former un grand nombre d'ondulations qui laissent voir alternativement les schistes et le calcaire à travers les déchirements de ces schistes, lorsqu'on parcourt le pays du nord au sud (*fig.* 1 et 2, *Pl. X*).

Le terrain tertiaire ne présente pas de stratification distincte. Il occupe principalement les sommités et paraît avoir été déposé postérieurement au soulèvement du terrain de transition.

Il est composé de dépôts argileux et sablonneux, sans mélange de calcaire. Le plus souvent

ces argiles sablonneuses sont jaunâtres; assez fréquemment elles sont mélangées de silex semblables à ceux de la craie des environs. On trouve dans ce terrain tertiaire des amas irréguliers de sable quartzeux, quelquefois parfaitement blanc, mais le plus souvent jaunâtre; et aussi des dépôts d'argile quelquefois blanchâtre, et le plus ordinairement gris noirâtre. Lorsque cette argile n'est pas colorée par du peroxyde de fer hydraté, elle est réfractaire; on l'emploie alors à fabriquer des briques réfractaires, ou des poteries dites de grès.

On fabrique de ces poteries à Ferrière-la-Petite, canton de Maubeuge, et aussi à Sars-Poterie, canton de Solre-le-Château. C'est dans cette dernière localité qu'on prépare quelques briques réfractaires de qualité moyenne; mais les grands gîtes de terres vraiment réfractaires et propres à la confection des briques pour les usages de la métallurgie, sont situés en Belgique, savoir : 1° dans la commune d'Autrage et autres voisines, à l'ouest de Mons, province de Hainaut; 2° sur la rive droite de la Meuse, province de Namur, aux environs d'Andennes, où l'on prépare une grande quantité de briques réfractaires de bonne qualité. C'est dans ces deux centres de production, que les usines à fer du département du Nord vont chercher leurs approvisionnements, soit en terres réfractaires, soit en briques confectionnées.

Gisement du minerai de fer.

Le minerai de fer se trouve au-dessous du terrain tertiaire, dans des cavités du terrain de transition; le plus souvent entre le calcaire et le schiste, mais quelquefois entièrement encaissé dans l'une ou l'autre de ces roches. Il est en masses cunéiformes, allongées dans la direction même du terrain de transition, c'est-à-dire E. 10° N. à

o,10° S., et présentant leur plus grande largeur à la partie supérieure. Ces masses sont presque toujours fortement inclinées à l'horizon (*fig.* 1 et 5).

En Belgique il existe de ces amas de minerai, qui s'étendent sur plusieurs kilomètres de longueur sans discontinuité. Dans l'arrondissement d'Avesnes on n'a pas exploité ainsi sur 500 mètres de longueur, et on n'a jamais extrait 15,000 mètres cubes de minerai brut du même gîte. Dans cette dernière localité, on regarde un gîte comme abondant lorsqu'il fournit 4,000 mètres cubes de mine brute. La largeur de ces gîtes est très-variable, il y en a de 15 et même 100 mètres à leur maximum; assez souvent cette largeur se réduit à quelques mètres dès qu'on atteint la profondeur de 6 à 7 mètres, et plus bas la masse se termine en forme de coin. La profondeur à laquelle le gîte s'étend est elle-même très-variable. En Belgique, et récemment en France, on a trouvé du minerai jusqu'à 30 mètres et au delà.

Les gîtes exploités, en ce moment, pour les hauts-fourneaux au coke de Denain, Maubeuge, Ferrière-la-Grande et Aulnois-les-Berlaimont, ainsi que pour les hauts-fourneaux au charbon de bois de Sars-Poterie, Fourmies et Trélon, sont au nombre de 120 environ. Ils se trouvent presque tous au midi de la Sambre; il y en a néanmoins quelques-uns sur la rive gauche de cette rivière, en aval de Maubeuge.

Ce sont des gîtes semblables, mais plus abondants, qui fournissent les approvisionnements des divers hauts-fourneaux au charbon de bois, et des 40 hauts-fourneaux au coke établis en Belgique, depuis la frontière française jusqu'aux environs de Liége, dans la vallée de la Sambre et de la

Meuse. Il faut ajouter, néanmoins, que plus de la moitié de ces hauts-fourneaux au coke sont inactifs faute de débouchés pour les produits.

Nature du minerai.

Le minerai consiste presque uniquement en peroxyde hydraté, mais M. Boudousquié ayant remarqué dans les minières qui approvisionnent les hauts-fourneaux de Hourpes (Belgique) une pierre argileuse, bleu verdâtre, d'une grande pesanteur spécifique, qu'il reconnut être un fer carbonaté de bonne qualité, j'ai examiné les gîtes de l'arrondissement d'Avesnes, et j'ai trouvé dans presque tous du fer carbonaté avec empreintes de coquilles nombreuses, qui n'ont pas encore été déterminées.

Ce fer carbonaté, toujours en minime proportion, se rencontre au centre des blocs de peroxyde hydraté ; de telle sorte qu'on doit regarder le peroxyde hydraté comme provenant de la décomposition du carbonate. Cette opinion est motivée encore sur ce que le fer carbonaté se trouve dans les parties inférieures des gîtes, parties non altérées par les courants qui ont déposé le terrain tertiaire ou creusé les vallées.

Les parties supérieures des gîtes paraissent avoir été remaniées par de forts courants. Le minerai s'y trouve presque toujours en fragments argileux, quelquefois très-petits, quelquefois de la grosseur du poing, et rarement en masses d'un quintal. Ces fragments sont disséminés dans de l'argile dont on les sépare par le lavage. Les matières étrangères qui restent après le lavage sont des fragments de schiste, quelques fragments de calcaire et de silex. Ces derniers sont heureusement fort rares, car leur mélange rend les mine-

rais très-réfractaires, et nuit ainsi à la qualité de la fonte.

Dans les parties inférieures des gîtes, le minerai se présente quelquefois en masses poreuses presque sans mélange ; le plus souvent il y est en blocs irréguliers entourés d'argile. Ces blocs irréguliers sont désignés par les mineurs sous le nom de grains, par opposition au nom de mine fine, sous lequel ils désignent le minerai en petits fragments disséminés dans l'argile.

Dans beaucoup de gîtes, surtout dans le voisinage du calcaire, on trouve, à la partie inférieure, au-dessous du minerai, une terre noirâtre, bitumineuse, calcaire et pulvérulente, que j'avais supposée être du carbonate de fer, mais qui, à l'essai par la voie humide, ne m'a donné qu'une quantité de fer insignifiante. Je ne l'ai d'ailleurs pas analysée complétement.

Le minerai qui se trouve en contact avec le calcaire désigné par les mineurs sous le nom de *pierre bleue*, à cause de sa couleur bleu noirâtre ; ce minerai, dis-je, est presque toujours riche. Il n'en est pas de même des parties en contact avec les schistes désignés par les mineurs sous le nom d'*aguaises*. Ces schistes perméables, en s'imbibant de la liqueur ferrugineuse, ont appauvri les gîtes. En outre, le minerai qui avoisine ces schistes ne présente pas de séparation bien distincte avec la roche encaissante ; souvent même la masse de ce minerai contient de nombreux fragments de ce schiste, dont il est difficile de le débarrasser par le triage. Ce schiste, argileux, micacé, imprégné d'oxyde de fer, n'est pas très-réfractaire, mais il a l'inconvénient d'appauvrir le minerai, et donne

lieu à une plus grande consommation de combustible et de castine.

Recherches du minerai.

J'ai dit précédemment que le minerai de fer se trouve le plus souvent entre le schiste et le calcaire; ainsi, en marquant, sur la carte, les affleurements de ces deux roches, on peut suivre leur ligne de contact partout où elle se montre au jour, et faire des sondages dans les parties recouvertes par le terrain tertiaire.

Lorsqu'on ne veut pas explorer à plus de six mètres de profondeur, on emploie une petite sonde dont les tiges, d'environ un centimètre et demi de diamètre et de diverses longueurs, sont assemblées par des vis et des écrous à filets triangulaires. Cette sonde n'est munie d'aucun outil; seulement la tige inférieure est terminée par un petit renflement aciéré en forme d'olive et percé d'une cavité *a* parallèle à l'axe (*fig.* 3). Cette sonde est manœuvrée par deux hommes qui l'enfoncent et la retirent à la main, en ayant la précaution de mettre un peu d'eau dans le trou, lorsque la terre argileuse que l'on traverse est trop sèche. Lorsqu'on veut connaître la nature de la roche rencontrée à une certaine profondeur, on retire la sonde, on nettoie la cavité *a*, et, après avoir redescendu la sonde, on bat jusqu'à ce que la cavité soit remplie de débris que l'on élève au jour en retirant la sonde.

Pour arriver à de plus grandes profondeurs, jusqu'à dix mètres par exemple, on emploie une sonde munie d'une tarière pour traverser les sables et les argiles, et d'un ciseau pour détacher les débris de la roche que l'on veut reconnaître.

Cette sonde est formée de tiges de deux centimètres de diamètre. Elle est manœuvrée à bras

par trois hommes au moyen d'un tourniquet en fer *ab* (*fig.* 4), vissé sur la partie supérieure. On la soulève également au moyen de ce tourniquet, et pour dévisser les tiges élevées au-dessus du sol, on soutient les tiges inférieures à l'aide d'une fourche en fer *c* que l'on passe en dessous des renflements qui avoisinent les vis. Cette fourche est représentée en plan et en profil (*fig.* 4 et 4 *bis*).

Les tiges de la sonde salies par la boue sont essuyées avec des herbes ou du foin.

Lorsqu'on veut pénétrer à plus de dix mètres, on emploie une sonde ordinaire manœuvrée par un nombre d'hommes suffisant, au moyen d'une chèvre et d'un levier.

Une recherche bien organisée comprend plusieurs ateliers de sondage surveillés par un contre-maître qui pourvoit à tous les besoins et consigne les renseignements sur son carnet.

Exploitation.

Lorsque la masse de minerai n'est recouverte que par deux ou trois mètres de terrain stérile, on l'exploite à découvert, mais, à une plus grande profondeur, l'exploitation a lieu par petits puits non permanents. Ces puits ont $0^m,95$ de diamètre intérieur et sont boisés avec de petites perches contournées en forme de cercle. Ces perches, le plus ordinairement en chêne et jamais en bois blanc, ont de $0^m,05$ à $0^m,06$ de diamètre au gros bout; on les emploie avec toute leur longueur. Entre les cercles et la terre on place verticalement de menus branchages.

Après avoir reconnu, par des sondages ou autres travaux, la disposition du gîte de minerai à exploiter, on ouvre un premier puits qui rencontre le minerai à la partie la plus basse (*p*, *fig.* 5) que les mineurs appellent le *pied*, par opposition à la par-

tie supérieure qu'ils nomment la *tête*. Ils disent que la *tête* de la mine est au nord et le *pied* au midi lorsque cette mine plonge vers le midi.

Épuisement. Si le gîte n'est pas imprégné de beaucoup d'eau, on commence l'exploitation par ce puits et en remontant successivement, ainsi que je l'expliquerai plus tard. On épuise les eaux, chaque matin et à différentes époques de la journée, au moyen d'une tonne ou *tinne* de la contenance d'un demi-hectolitre environ. On élève cette *tinne* du fond du puits au moyen d'un treuil en bois muni de deux manivelles et supporté par des montants placés de chaque côté du puits.

Lorsque l'eau est plus abondante, on établit une ou deux pompes à tuyaux en bois avec pistons en cuir semblables à celles employées pour les usages domestiques. Les tuyaux en bois de chêne coûtent environ 8 fr. le mètre courant. Le balancier ou levier et la tige du piston qui sont en fer coûtent environ 40 fr., à raison de $1^{fr.},20$ le kilogramme.

Après quelques jours d'épuisement, au moyen de ces pompes, la quantité d'eau affluente diminue le plus souvent, car les roches et les terres environnantes étant à peu près imperméables, la quantité d'eau est presque limitée à celle dont se trouve imprégné le minerai toujours poreux et caverneux.

On réserve, en général, l'exploitation des gîtes imprégnés d'eau pour la fin de l'été (de juillet en octobre) : c'est alors que les sources sont le moins abondantes. Si les eaux affluent en grandes masses et que le gîte de minerai soit assez important, on établit des pompes mues par de petites machines à vapeur de la force de cinq à six chevaux, comme

on l'a fait en plusieurs localités de Belgique, et comme on le fait en ce moment près de Maubeuge.

Après s'être débarrassé des eaux on commence l'exploitation du minerai par la partie la plus basse et en remontant. Cette exploitation se fait par galeries, dont la largeur est d'un mètre au plus, suivant que les excavations se soutiennent plus ou moins bien. **Abattage du minerai.**

Lorsque le minerai n'est pas en masse, mais en morceaux ou fragments de diverses grosseurs disséminés dans l'argile, on soutient les galeries au moyen de perches de $0^m,05$ environ de diamètre et pliées en forme de demi-ellipses, dont le demi-grand axe vertical est de $1^m,80$, et l'axe horizontal de $1^m,00$. Lorsque les parois sont molles, on les recouvre de menus branchages disposés parallèlement à l'axe des galeries.

Ces perches, nommées *prollous*, doivent être presque droites et exemptes de gros nœuds. Lorsqu'on les achète elles ont toute leur longueur; les petites branches de la partie supérieure ne sont pas détachées. Elles coûtent moyennement 8 fr. le cent, prises sur place dans les bois; elles sont assorties avec d'autres d'un diamètre un peu plus petit et nommées *aires*. A ce prix de 8 fr. il faut ajouter les frais de transport jusqu'aux minières. Ces derniers frais varient avec la distance, mais on peut les évaluer en moyenne à 2 fr., ce qui porte à 10 fr. le prix du cent de perches. Ces perches doivent être employées vertes et ne peuvent se conserver un an après la coupe, même lorsqu'elles sont convenablement abritées.

Lorsque le gîte du minerai a une largeur suffisante, on ouvre à partir du fonds du puits des

galeries divergentes et d'autres galeries de traverse, en ayant soin de remblayer les galeries vides avant d'enlever les piliers. Ces remblais se font, soit avec les terres stériles mélangées au minerai, soit avec les terres apportées du jour, et par ce moyen on arrive à ne pas laisser de minerai.

On exploite ainsi successivement par étages en remontant jusqu'à la partie supérieure. Les remblais n'étant jamais parfaits et bien compactes, le sol s'affaisse au-dessus des exploitations; aussi faut-il avoir la précaution de déposer, à une certaine distance des travaux, les minerais extraits.

L'abattage du minerai se fait avec de petites pioches courbes et à manche court, qui servent également à creuser les puits et les galeries dans les terres argileuses. Le minerai est très-rarement assez dur pour qu'on soit obligé d'employer des pics, des ciseaux à pointes, dits *aiguilles*, et à plus forte raison de la poudre.

Le minerai à élever au jour est placé par le mineur même dans un panier à manche, en osier, et contenant environ 25 kil. de matière. Un homme transporte ce panier à bras dans l'intérieur de la mine; ce transport est toujours peu important, les galeries ne s'éloignant jamais de 10 mètres du puits. Le panier est ensuite attaché, par son anse, à un crochet en bois adapté au bout de la corde qui s'enroule sur le treuil placé à l'orifice du puits. C'est également au moyen de ce crochet que les ouvriers montent et descendent dans le puits; ils mettent le pied gauche dans le crochet, se tiennent à la corde par la main gauche, réservant ainsi la main et le pied droits pour se diriger.

Le minerai élevé au jour est classé en deux ca-

tégories, savoir : 1° le minerai pur en gros morceaux appelés *grains*; 2° le minerai en petits fragments mélangés d'argile et appelé *mine fine*.

Ce minerai est disposé en tas réguliers, et par assises rectangulaires de $0^m,50$ d'épaisseur, avec des talus de 1 de base pour 1 de hauteur. Les ouvriers donnent à ces assises le nom de *doubles*; ainsi ils disent qu'un tas est composé de trois doubles, lorsqu'il est composé de trois assises. Afin de rendre les calculs plus faciles, on donne toujours aux dimensions horizontales de la première et, par conséquent, de toutes les assises, un nombre exact de demi-mètres (*fig.* 13 et 14). Pour calculer le volume on mesure les dimensions horizontales, en négligeant le talus d'un côté; ainsi, dans le tas représenté par les deux figures 13 et 14, le cube est : Emmétrage du minerai.

	m.		m.		m.	mèt. cubes.
1re assise.	3,50	×	2,50	×	0,50. . .	4,375
2e *id.*	3,00		2,00		0,50. . .	3,000
3e *id.*	2,50		1,50		0,50. . .	3,750
						11,485

Autrefois on employait partout, pour unité de volume, la *cense* composée de 96 pieds cubes, représentant un tas rectangulaire de 1 ½ pied d'épaisseur, 8 pieds de longueur et 8 pieds de largeur; la mesure linéaire de 8 pieds de longueur était appelée *verge*. Les talus étaient disposés sur 2 pieds de base pour un demi-pied de hauteur. Afin de rendre les calculs plus faciles, les dimensions horizontales des tas comprenaient toujours un nombre exact de demi-verges. Dans les tas composés de plusieurs assises, la largeur et la longueur d'une assise excédaient d'une demi-verge les di-

mensions correspondantes de l'assise immédiatement supérieure. Ce dernier mode de mesurage est encore en usage dans beaucoup de localités ; il est représenté par les *fig.* 15 et 16.

Prix. Les travaux de recherche par sondage, les épuisements un peu importants, quelques petits travaux accessoires de l'exploitation, se font à la journée, à raison de 1 fr. 50 c. par journée d'ouvrier, dont la durée varie avec la saison, comme la durée du jour lui-même.

Le percement des petits puits de $0^m,95$ de diamètre se fait à la tâche, indépendamment de l'exploitation proprement dite, à raison de 1 fr. 60 c. le mètre courant lorsqu'il n'y a pas d'eau. Lorsqu'il y a de l'eau le prix est quelquefois de 3 fr. 30, mais alors le travail est souvent fait à la journée. Ces prix sont ceux adoptés pour des terres sablonneuses. On paye beaucoup plus cher pour les puits qui traversent les roches dures.

L'exploitation du minerai a toujours lieu à la tâche. Lorsqu'on travaille à découvert, le prix est assez fréquemment de 80 c. par mètre cube de minerai brut, emmétré ainsi que je l'ai dit précédemment. J'ajouterai que ce minerai est toujours posé par l'ouvrier avec beaucoup de ménagement, de manière à le tasser le moins possible; une assise étant toujours mesurée et payée indépendamment des autres. De cette manière de mesurer, il résulte que la vérification exacte ne peut avoir lieu qu'au moment même de l'exploitation : plus tard, par suite du tassement que produisent les pluies et le poids des assises supérieures, le minerai s'affaisse et on ne retrouve plus que les dimensions horizontales.

Lorsqu'on exploite par petits puits, sans eau,

du minerai de dureté moyenne qui n'exige jamais l'emploi de la poudre, le prix de l'extraction, y compris le transport au jour et l'emmétrage, est de 1 fr. 35 c. environ le mètre cube. Ce prix est porté à 1 fr. 70 c. s'il y a un peu d'eau, comme il arrive souvent, et même à 2 fr. 30 c. si le minerai devient très-dur et même difficile à abattre avec la pioche courbe. Les frais d'outils et d'éclairage sont à la charge des ouvriers, mais non les bois.

Ces prix extrêmes sont rares; le prix moyen général est de 1 fr. 50 c. par mètre cube, mais le maître de forges préférerait payer cher et n'avoir que du minerai en roches ou grains, qui n'est lavé qu'une seule fois à l'usine, après avoir été cassé, et ne subit qu'un déchet total d'environ 15 p. °/₀ en volume avant d'être mis dans le haut-fourneau, tandis que la mine fine ordinaire perd environ 45 p. °/₀ au premier lavage ou débourbage sur les ateliers extérieurs, et encore 10 p. °/₀ au relavage à l'usine.

Les ouvriers travaillant à la tâche ainsi qu'il vient d'être dit, gagnent moyennement 2 fr. 25 c. par jour.

Un petit puits occupant trois de ces ouvriers, fournit moyennement quatre mètres cubes de mine brute par journée de travail.

On peut évaluer à 7 p. °/° environ du produit brut et total des minières, la quantité de minerai en roche ou grains qui n'exige pas de débourbage.

L'indemnité payé aux propriétaires du sol pour valeur du minerai extrait dans leurs terres, a beaucoup augmenté depuis quelques années, par suite de la concurrence entre les acheteurs. En 1836, elle était de 8 c. par mètre cube de mine brute fine ou en grains; elle est maintenant

de 90 c. et indépendamment de la moins value du terrain dont l'estimation est faite après l'achèvement des travaux. Il faut espérer que les expertises sollicitées près des tribunaux par les exploitants, ramèneront cette indemnité à un taux moins onéreux pour l'industrie.

Le loyer du terrain pour chemin de charroi, pour dépôts de minerai, exploitation, etc., se paye environ 450 fr. par hectare et par année dans les terres labourables, et 600 fr. dans les prairies.

Les frais de recherche, de travaux préparatoires à l'exploitation, de surveillance, etc., sont considérables dans ces exploitations divisées et éparses dans un grand nombre de localités. En les joignant aux frais de boisage, loyers de terrains, frais d'épuisement, etc., on peut évaluer le tout ensemble à 1 fr. 30 c. par mètre cube de mine brute qui coûte ainsi :

	fr.
Exploitation proprement dite.	1,50
Droit de propriété pour valeur du minerai. .	0,90
Frais généraux, bois, loyer du terrain, etc. .	1,30
Prix du mètre cube de mine brute.	3,70

1er lavage ou débourbage.

Le débourbage ou premier lavage des minerais bruts se fait, autant que possible, sur les lieux d'extraction, afin d'éviter les frais de transport des minières aux cours d'eau voisins.

Ce débourbage sur les minières se fait à l'aide des eaux pluviales rassemblées dans les excavations que l'on remblaye ainsi presque entièrement; ce qui diminue d'autant l'indemnité à payer aux propriétaires pour moins value du sol. Presque tous les terrains cessent d'être perméables et d'ab-

sorber l'eau dès qu'on y a fait arriver une certaine quantité de vases de lavage.

Bien que le climat du département du Nord soit très-pluvieux, on ne peut laver sur les minières que pendant une partie de l'année, et encore est-on presque toujours obligé de joindre aux eaux pluviales, des eaux extraites du fond de la terre au moyen de puits creusés à cet effet, ou pendant les travaux d'exploitation. Il existe des localités où les eaux de fond extraites ainsi spécialement ou pendant les travaux d'exploitation, sont assez abondantes pour alimenter plusieurs lavoirs, même pendant l'été, surtout lorsque les laveurs ont le soin de réemployer les eaux après qu'elles ont déposé leurs vases dans les bassins d'épuration.

Lorsqu'il est impossible de se procurer des eaux sur les minières mêmes, on transporte les mines brutes près des cours d'eau.

Un ruisseau qui fournit 80 litres d'eau par minute suffit grandement pour alimenter un lavoir ; sur les minières on lave avec 40 litres d'eau par minute.

Les lavoirs usités dans l'arrondissement d'Avesnes et en Belgique sur les bords de la Sambre, consistent (*fig.* 6 et 7) en une espèce d'auge *a*, *b*, enterrée jusqu'au niveau du sol, et en un plancher *c*, *d*, placé à cinq ou six centimètres au-dessus de ce sol, et un peu incliné vers l'auge.

La longueur de l'auge est de $6^m,50$, sa profondeur verticale de $0^m,50$, sa largeur au fond de $1^m,30$, sa largeur à la partie supérieure de $2^m,40$ mesurés entièrement, et sa contenance de 6 mètres cubes. Le talus qui avoisine le plancher a $0^m,65$ de base pour $0^m,50$ de hauteur.

Le plancher *c*, *d*, peut être fait en planches de bois blanc de 0^m,02 d'épaisseur ; on peut le faire en planches de chêne de rebut avec aubier de 0^m,04 d'épaisseur, et il dure alors plus longtemps. Ce plancher a même longueur que l'auge et une largeur de 2^m,50 ; il est cloué sur quatre traverses en bois ayant 0^m,08 d'épaisseur et autant de largeur environ.

Un toit en paille *f*, *g* (*fig*. 7), soutenu par quatre montants en bois et régnant sur toute la longueur du plancher, sert à abriter les ouvriers contre la pluie et la neige.

Le fond de l'auge et le talus qui avoisine le plancher doivent être faits avec des bois de chêne d'assez bonne qualité ; ils supportent beaucoup de fatigue. Il faut avoir soin de faire monter le talus qui avoisine le plancher jusqu'à la partie supérieure de ce plancher, et de placer le fond de l'auge après les deux talus, afin que les ouvriers ne soient pas gênés en manœuvrant leurs *rables* pour retirer le minerai du fond de l'auge et le placer sur ce plancher en le faisant glisser sur le talus.

Le fond de l'auge peut être consolidé par trois pièces de bois longitudinales de 0^m,08 d'équarrissage, placées en dessous et représentées dans la figure 7.

Les talus ou longs côtés inclinés, sont cloués chacun sur une pièce longitudinale de 0^m,08 d'équarrissage.

Les faces des deux bouts sont verticales et soutenues seulement par les terres dans lesquelles le lavoir est engagé.

L'eau arrive en *b* (*fig*. 6 et 7) par une ouverture carrée de 0^m,15 de côté et pratiquée à la partie supérieure de l'un des bouts du lavoir près du

plancher; elle sort en *a* (*fig.* 6) par une ouverture de 0m,15 de hauteur verticale, et 0m,20 de largeur horizontale pratiquée à l'autre bout opposé du lavoir et près du fond.

Un lavoir ainsi fait en bois de chêne coûte, tout construit et rendu sur place, 160 francs. Il faut, pour le poser, deux journées d'ouvriers manœuvres ou terrassiers à 1 fr. 50 c. l'un.

Les outils nécessaires pour un atelier de lavage, sont :

1° Une pioche ordinaire pour fouiller le minerai brut (*fig.* 8);

2° Une brouette ordinaire destinée à transporter le minerai brut du tas dans le lavoir;

3° Une pelle ordinaire en fer (*fig.* 9);

4° Deux rables en tôle de fer pour opérer le lavage proprement dit, et représentés de face et de profil (*fig.* 10 et 11). Les manches de ces rables ont environ 2 mètres de longueur et 0m,04 de diamètre au gros bout; ils sont en bois et inclinés de 60 degrés sexagésimaux sur les faces planes des rables; l'épaisseur de la tôle avec laquelle ces rables sont faits, est de 0m,005; les faces planes sont amincies depuis le manche jusqu'au bord rectiligne où l'épaisseur est de 0m,003 seulement; le poids du gros rable, non compris son manche, est de 2,750 grammes; le poids du petit rable est de 2,500 grammes.

5° Une brouette en bois de chêne représentée (*fig.* 12), et destinée à transporter la mine lavée, du plancher sur lequel on l'a laissée égoutter, jusqu'au tas d'emmétrage sur lequel on verse cette mine en levant les bras de la brouette et faisant passer la charge par-dessus la roue; de cette manière, l'ouvrier parvient à former une assise sans

marcher sur aucune partie, ce qui aurait pour lui l'inconvénient de tasser le minerai et d'en diminuer le volume. Une brouette, ainsi construite en bois de chêne, coûte 16 francs; la largeur intérieure de la caisse mesurée parallèlement à l'axe de la roue, est de $0^m,57$.

6° Quelques planches ou madriers de bois blanc de $0^m,04$ d'épaisseur et environ $0^m,20$ de largeur pour le roulage des brouettes.

Un lavoir à l'eau courante occupe deux ouvriers. Lorsque l'eau doit être élevée avec une pompe ou une pelle hollandaise, ce qui a lieu pour les lavoirs établis sur les minières, il faut, en outre, un aide ou *pompeur*.

La veille du jour où le lavage doit se faire, les ouvriers remplissent l'auge de minerai brut et le recouvrent d'eau pour le laisser tremper ainsi toute la nuit.

Pour opérer le lavage on fait arriver l'eau par l'ouverture *b* (*fig.* 6 et 7) et on la dirige le long du plancher, à l'aide d'une rigole creusée dans le minerai, de manière à la conduire sur la partie de ce minerai la plus voisine de la sortie. C'est par cette extrémité opposée à l'entrée de l'eau, que les deux ouvriers laveurs, placés à la suite l'un de l'autre sur le plancher, commencent l'opération en agitant le minerai avec leurs rables et avançant peu à peu vers *b*, de telle sorte que le minerai agité d'abord par l'un est repris ensuite par l'autre. Au moyen d'un morceau de planche on règle la sortie de l'eau par l'ouverture *a*, de telle sorte qu'il en reste dans le lavoir une couche d'environ $0^m,10$ d'épaisseur.

Après avoir ainsi donné un premier *tour* à tout le minerai contenu dans l'auge, les ouvriers re-

commencent de même une seconde opération, et ne retirent le minerai de l'auge pour le laisser égoutter sur le plancher qu'au troisième tour, pendant lequel on donne l'eau la plus abondante que possible. Chaque parcelle de minerai est donc remuée six fois successivement dans l'auge.

Le minerai égoutté sur le plancher est ensuite transporté au moyen de la brouette, dont j'ai donné le dessin (*fig.* 12), et emmétré de la même manière que le minerai brut.

Un lavoir fournit environ 3,5 mètres cubes de mine lavée par jour de travail. Le prix du lavage est de 1 fr. 20 c. par mètre cube, et moyennement lorsque l'eau est courante. Ce prix est de 1 fr. 50 c. moyennement lorsque l'eau est dormante. Les ouvriers laveurs gagnent environ 2 fr. par jour, et leur aide ou pompeur 1 fr. Les rables, les pelles et les pioches, sont les seuls outils à leur charge.

100 mètres cubes de mine brute rendent moyennement 55 mètres cubes de mine lavée. On n'exploite pas la mine brute qui rend au lavage moins de 40 p. % en volume.

Indépendamment des frais de lavage proprement dits, il y a des dépenses à faire pour l'établissement des lavoirs et des bassins d'épuration, les loyers de terrain, la surveillance, etc. Ces frais généraux peuvent être évalués moyennement à 1 fr. par mètre cube de mine lavée.

Le prix du mètre cube de mine brute étant de 3 fr. 70 c., comme je l'ai indiqué précédemment, on a pour prix du mètre cube de mine lavée sur la minière :

	fr.
1^m.c.^,82 de mine brute à 3^fr.^,70.	6,73
Frais de lavage proprement dits.	1,50
Frais généraux.	1,00
Total.	9,23

Le mètre cube de minerai lavé ainsi une première fois, pesant environ 1200 kil., le prix de 1000 kil. ou du tonneau de cette sorte de minerai est de 7 fr. 69 c.

Relavage à l'usine.

Le minerai débourbé ainsi qu'il vient d'être dit a besoin d'être relavé à l'usine. Cette seconde opération se fait dans des lavoirs semblables à ceux décrits précédemment. Chacun de ces nouveaux lavoirs, alimenté par de l'eau courante, est servi par deux laveurs et un aide : il donne, par jour de travail, 7 mètres cubes de minerai brut prêt à être fondu, et pesant l'un 1200 kil. Le prix du relavage, emmétrage compris, est de 65 c. par mètre cube. Le déchet est de 10 p. %.

Le prix du mètre cube de minerai fin relavé et prêt à être fondu peut donc être établi ainsi qu'il suit, abstraction faite du transport :

	fr.
1,11 mèt. cub. de minerai lavé, à 9fr.,23. .	10,15
Main-d'œuvre.	0,65
Frais généraux.	0,15
Total.	10,95

Le prix de 1000 kil. de cette sorte de minerai est donc de 9 fr. 12 c., abstraction faite de tout transport.

Une machine à vapeur à basse pression, de la force de 45 chevaux, peut activer la soufflerie d'un haut-fourneau au coke produisant 10,000 kil. de fonte, et consommant 36,000 kil. de minerai par 24 heures. Cette machine exigeant pour la condensation de la vapeur et l'alimentation des chaudières 750 litres d'eau par minute, on voit que l'eau sortant du condenseur est plus que suffisante pour les lavoirs de l'usine.

. . . .

J'ai dit précédemment que les mineurs mettent à part le minerai brut en gros morceaux, et que la quantité de cette sorte de minerai peut être évaluée à 7 p. °/₀ du produit brut des minières. Cassage et lavage du minerai en roche.

Avant d'être fondu ce minerai doit être cassé et ensuite lavé.

L'opération du cassage se fait sur les minières mêmes, à raison de 60 c. le mètre cube de minerai cassé en morceaux, qui doivent passer en tout sens dans un anneau de $0^{m},08$ de diamètre. Lorsqu'il y a des parties de schiste adhérentes au minerai, on les en détache et on les rejette. La diminution en volume, par suite du cassage, est de 12 p. °/₀.

Le minerai ainsi cassé est passé une seule fois au lavoir, à l'usine, avant d'être fondu. La perte en volume est de 5 p. °/₀. Quelquefois on ne passe au lavoir que les débris les plus menus, après avoir tiré, avec un rateau, tous les fragments. Lorsque l'on passe au lavoir toute la mine cassée, le prix du lavage est de 1 fr. le mètre cube, cette mine étant plus difficile à remuer que la mine fine.

Le prix du mètre cube de minerai cassé à la main peut donc être établi ainsi qu'il suit :

	fr.
$1^{m.c.},13$ de minerai brut, à $3^{fr.},70$. . .	4,18
Cassage et triage.	0,60
Frais généraux.	0,10
Prix du mètre cube pesant 1.000 kil. .	4,88

Le prix du mètre cube de minerai cassé et

lavé, prêt à être fondu, peut être établi ainsi qu'il suit :

	fr.
1m.c.,05 de minerai cassé, à 4fr.,88. .	5,12
Frais de lavage.	1,00
Frais généraux.	0,15
Total.	6,27

Le minerai cassé présente plus de vides que le minerai fin; et ne pèse que 1000 kil. le mètre cube en moyenne.

Transports. Dans le département du Nord, les transports de minerais pour l'approvisionnement des usines s'opèrent presque uniquement sur de grands chariots attelés de 4 à 6 chevaux, suivant la charge. Ils ont lieu principalement du 15 octobre au 15 mars, et du 1er mai au 1er août, époques pendant lesquelles les travaux d'agriculture sont suspendus. Les hauts-fourneaux de Maubeuge, placés sur la rive gauche de la Sambre, peuvent recevoir une partie de leurs minerais par bateaux.

Dans ces transports, les voitures et les bateaux retournent à vide.

A l'égard des transports par terre, il ne faut pas oublier que, dans le département du Nord, il existe sur toutes les routes des barrières qui sont fermées, en hiver, par suite d'arrêtés préfectoraux, à chaque dégel et pour un temps qui varie de 10 à 20 jours, pendant lesquels aucune voiture chargée de marchandises ne peut circuler si elle est attelée de plus d'un cheval. Ces interruptions de transports peuvent se renouveler plusieurs fois à peu d'intervalle, et les exploitants d'usines

doivent les prendre en considération pour leurs approvisionnements.

Les frais de transport par voiture peuvent être évalués pour chaque tonneau ou 1.000 kilogrammes, à raison de 0fr.,30 pour le chargement et le déchargement, et à raison de 0fr.,21 pour la traction proprement dite, par chaque kilomètre parcouru sur les routes empierrées ou pavées, et enfin à raison de 0fr.,44, pour la traction proprement dite, par chaque kilomètre parcouru sur les chemins de terre plus difficilement praticables aux voitures et seulement dans la belle saison. On peut compter que chaque cheval attelé gagne 3fr.,50 par journée de travail, frais de conducteur et entretien de chariot compris.

Le chargement et le déchargement d'un bateau étant des opérations d'assez longue durée, il faut tenir compte du loyer du bateau pendant ce temps, pour les transports à de petites distances. Ces frais peuvent être évalués à 0fr.,61 par tonneau. La main-d'œuvre pour les mêmes opérations est de 0fr.,50. La somme payée au batelier pour le transport proprement dit est de 0fr.,07 par kilomètre et par tonneau. Sur cette somme, le batelier acquitte les droits de navigation montant à 0fr.,019 environ par kilomètre tant pour l'allée à charge que pour le retour à vide.

On peut estimer que, dans l'arrondissement d'Avesnes, les trois quarts du minerai fin et brut sont lavés sur les minières mêmes, et un quart seulement est transporté aux lavoirs près des courants d'eau. La dépense faite pour ce transport, qui a lieu presque toujours sur des chemins de

traverse, étant de 1 franc par tonneau de 1000 kil. ou 1fr.,20 par mètre cube de mine brute, on peut évaluer ainsi qu'il suit le mètre cube de minerai lavé près des cours d'eaux.

	fr.
1m.c.,82 de mine brute, à 3fr.,70. .	6,73
Transport de la mine brute de la minière au lavoir.	2,18
Main-d'œuvre pour le lavage. . . .	1,20
Frais généraux.	1,00
Total.	11,11

Le mètre cube de minerai ainsi lavé, pesant 1200 kil., le prix du tonneau de 1000 kil. est de 9fr.,26.

Le quart seulement des minerais à laver étant transporté près des cours d'eau, et le prix moyen du minerai lavé sur les minières étant de 9fr.,23 le mètre cube, le prix moyen général du minerai lavé est de 9fr..67 le mètre cube ou 8fr.,06 le tonneau sur les ateliers de première élaboration.

Le minerai perdant 10 p. 100 en volume et en poids au relavage, et la dépense étant de 0f,80 par mètre cube de mine relavée, le prix moyen général du minerai fin relavé, prêt à être fondu, est de 11f,53 le mètre cube ou 9f,61 le tonneau de 1000 kilogrammes sur les ateliers de deuxième élaboration et non compris les frais de transport à l'usine depuis l'atelier de première élaboration.

Prix moyen général des minerais prêts à être fonus.

Le minerai en roche, formant, après le lavage et le cassage, environ la huitième partie du minerai prêt à être fondu, et son prix étant de 6fr.,27 les 1.000 kilogrammes, abstraction faite des frais

de transport à l'usine, on peut estimer à 9fr.,19 le prix moyen général du tonneau de minerai prêt à être fondu, abstraction faite des frais de transport des ateliers de première élaboration aux hauts-fourneaux, et des intérêts de fonds engagés.

D'après ces données et les formules indiquées précédemment pour calculer les prix des transports par terre et par eau, on trouvera facilement le prix de revient des minerais prêts à être fondus pour les usines situées à une distance connue des ateliers de première élaboration.

Quotité des approvisionnements d'un haut-fourneau.

La seule addition à faire aux prix ainsi obtenus sera celle des intérêts de fonds, et elle n'est pas sans importance. On peut l'évaluer à 1 franc par tonneau. En effet, on a vu précédemment que l'exploitation de quelques gîtes de minerais ne peut avoir lieu que dans la saison sèche, vers la fin de l'été ou en automne. Le lavage sur les minières ne peut se faire que par les temps pluvieux à la fin de l'automne, en hiver et au printemps, tandis que les transports dans les chemins de traverse ne peuvent se faire que dans la belle saison. Si on voulait transporter, même par le beau temps, toutes les mines brutes près des cours d'eau et à proximité des routes, il faudrait faire des dépenses énormes. Il résulte de ces circonstances que les approvisionnements en minerais, à divers états d'élaboration, doivent être considérables, et il n'y a pas d'exagération à dire qu'il faut les évaluer à la consommation du haut-fourneau pendant trois ans. On peut certainement faire marcher une usine avec de moins grands approvisionnements,

mais alors les dépenses à faire pour le transport des mines brutes aux lavoirs excéderont celles que j'ai indiquées.

Montant de la production.

La production totale et annuelle des minerais de fer d'alluvion dans l'arrondissement d'Avesnes peut être évaluée à 40.000 tonneaux.

Les minerais préparés ainsi qu'il vient d'être dit sont très-rarement mélangés de silex. On n'y trouve guère que de petits fragments de schiste argileux dont la fusion n'est pas difficile.

Teneur des minerais.

Ces minerais ne sont pas tous également riches. Il existe des gîtes dont le minerai, convenablement préparé, rend 33 p. 100 en fonte, et dont quelques fragments rendent jusqu'à 50 p. 100. On n'exploite pas les gîtes dont les produits rendent en moyenne moins de 25 p. 100 en fonte. On peut évaluer à 29 p. 100 le rendement moyen général des minerais mélangés, tels qu'on les fond dans les usines, après les avoir convenablement assortis.

Qualités des fontes.

En traitant convenablement ces minerais dans les hauts-fourneaux au coke, on obtient facilement des fontes grises et même noires qui jouissent d'une grande ténacité, se liment facilement et sont propres à la fabrication des mouleries en deuxième fusion. Les fontes blanches ou truitées, obtenues au charbon de bois et même au coke, donnent de bons fers à l'affinage. Les fontes grises obtenues à l'aide du charbon de bois, dans la partie orientale de l'arrondissement d'Avesnes, sont presque toutes converties en mouleries (poteries, etc.) de première fusion.

Les minerais les plus riches donnent aussi les meilleures qualités de fonte.

Pour opérer la fusion de ces minerais, il faut ajouter de la castine. On emploie à cet effet le calcaire bleu de transition qui affleure dans un grand nombre de localités et souvent près du minerai. Il est très-facile de se procurer en grand de ce calcaire contenant moins de 0,01 d'argile insoluble dans les acides. Fondants.

Dans les essais en petit, au creuset brasqué, on obtient des laitiers bien fondus avec 1 de minerai et 0,2 de ce calcaire en poids. Dans les hauts-fourneaux au coke, cette proportion est insuffisante; on met souvent 0,4 de castine par rapport au minerai et indépendamment de ce qui est nécessaire pour fondre les cendres du coke.

J'ai indiqué précédemment les prix de revient moyens et approximatifs des minerais, j'ajouterai ici quelques renseignements sommaires sur l'organisation de la comptabilité au moyen de laquelle on parvient à connaître exactement ces prix dans les usines. Comptabilité des exploitations.

Sur un registre spécial pour l'extraction, on ouvre un compte particulier à chaque minière, et, dans ce compte, on indique, au moyen de diverses colonnes, les quantités extraites de minerai fin ou en roche, ainsi que les dépenses en main-d'œuvre, bois, droit de propriété, loyer de terrains, etc. Dans d'autres colonnes, on indique les quantités de minerai brut livrées aux lavoirs ou ateliers de cassage. Lorsque tout le minerai est ainsi passé au compte des ateliers d'élaboration, on a facilement le prix du minerai brut en divisant le total des dépenses d'exploitation par la quantité du minerai exporté.

Sur un registre spécial destiné à la première élaboration du minerai, on ouvre un compte particulier à chaque atelier de lavage ou de cassage. Dans les diverses colonnes de ce compte, on note les quantités de minerai brut reçues à chaque atelier, les frais de transport à partir de la minière, les frais de préparation, ceux de loyer de terrain, etc. Dans d'autres colonnes, on indique les quantités de minerai exportées, soit pour les dépôts près des grandes voies de communication, soit pour l'usine.

Chaque dépôt a un compte particulier comme chaque atelier de première élaboration.

Lorsqu'un atelier de première élaboration ou un dépôt est entièrement vide, on a facilement le prix de revient du minerai qui en est sorti. On peut également faire des vérifications partielles.

Lors de leur arrivée à l'usine, les minerais sont mesurés ou pesés avec soin, et les quantités provenant de chaque atelier sont indiquées sur le registre spécial d'entrée à l'usine.

Sur un registre spécial tenu à l'usine, on ouvre également un compte à la deuxième élaboration, c'est-à-dire au relevage des minerais déjà débourbés et au lavage des minerais cassés. Enfin, sur le registre de roulement du fourneau, on note les quantités de minerais consommées.

Par la comparaison de ces divers comptes, et au moyen de quelques expériences directes sur le rendement des minerais bruts en minerai lavé ou cassé, on parvient à contrôler les mesurages faits, sur les travaux extérieurs, par les facteurs ou surveillants des minières.

A la fin de chaque année, au plus tard, on fait un inventaire des minerais existant dans chaque atelier, et on examine si les quantités restant en magasin, ajoutées à celles consommées par le haut-fourneau, cadrent avec celles dont la préparation et l'extraction sont indiquées sur les registres.

Ces vérifications sont essentielles pour empêcher les mécomptes et les erreurs dans l'évaluation du prix de revient des produits. On les regarde même généralement comme tellement importantes, que pour les opérer plus facilement, on ne craint pas de faire quelques dépenses de main-d'œuvre en mettant à part des tas de minerai renfermant des quantités bien connues.

Minerais concessibles.

Les minerais de fer dont je viens de parler ne sont pas les seuls qui se trouvent dans l'arrondissement d'Avesnes. On exploite encore, dans la partie orientale de cet arrondissement, aux environs de Fourmies et de Trélon, d'autres minerais concessibles qui forment deux couches presque verticales de 1 à 2 mètres d'épaisseur dans des schistes argileux calcaires de transition. Ces minerais eux-mêmes, un peu calcaires, sont en petits grains de la grosseur d'une tête d'épingle, assez mal agglutinés, et se réduisent facilement en une sorte de poudre lorsqu'ils sont secs. Ils ont une grande analogie avec les minerais exploités en plusieurs localités de France, dans le lias ou l'oolithe. Ces minerais employés seuls donneraient de la fonte de médiocre qualité ; traités dans des hauts-fourneaux d'une grande élévation, ils tamiseraient probablement à travers le coke.

EXPLICATION DE LA PLANCHE X.

Fig. 1, 2 et 5. Coupes idéales des terrains suivant une ligne perpendiculaire à la direction du soulèvement.

a, terrain tertiaire;
b, schiste de transition;
c, calcaire *idem*;
d, minerai de fer;
p, premier puits d'une exploitation.

Fig. 3. Partie inférieure de la sonde employée pour les recherches.
Fig. 4. Partie supérieure de la sonde soutenue par la fourchette de fer.
Fig. 4 *bis*. Plan de la fourchette de fer employée pour soutenir la soude lorsqu'on la sort du trou par parties.
Fig. 6. Plan d'un lavoir et de son plancher.
Fig. 7. Elévation d'un lavoir avec le toit en paille abritant les ouvriers.
Fig. 8 Pioche employée pour fouiller le minerai brut à laver.
Fig. 9. Pelle en fer employée pour charger le minerai brut ou lavé.
Fig. 10. Petit râble en fer employé pour le lavage.
Fig. 11. Grand râble *idem*.
Fig. 12. Brouette employée pour transporter le minerai lavé et le verser sur le tas.
Fig. 13 à 16. Disposition des tas de minerai brut ou lavé.

RAPPORT

Sur les essais auxquels a été soumise la machine d'épuisement des mines du Rocher-Bleu;

Par M. DIDAY, Ingénieur des mines.

La machine du Rocher-Bleu est à simple effet, et de l'espèce dite *à cataracte.* Elle a par conséquent beaucoup d'analogie avec celle qui a été décrite par M. Combes dans les *Annales des Mines* (3e série, tome V); mais elle en diffère toutefois sur plusieurs points. Ainsi elle est dite *à double cataracte;* non qu'il y ait en effet deux appareils de ce genre, mais parce que le piston de la cataracte mène deux tiges, dont l'une monte pendant que l'autre descend. L'une de ces tiges, celle qui s'élève en même temps que ce piston, ouvre la soupape d'équilibre, tandis que l'autre agit d'abord sur celle du condenseur, et un instant après sur celle d'admission. Toutes ces soupapes sont d'ailleurs refermées par des tasseaux fixés sur deux poutrelles, et dont on peut changer la position de manière à faire varier la durée du coup de piston et l'amplitude de la détente. Ordinairement la vapeur est admise pendant une fraction de la course, qui varie de 1/4 à 1/6.

La pompe à air offre des perfectionnements très-importants : c'est une pompe à plongeur, ainsi que la pompe alimentaire. Les soupapes de la première, qui sont des soupapes à coquille, sont contenues dans une chapelle placée à côté des

tuyaux ; on peut par conséquent les visiter et les changer avec la plus grande facilité. Toute cette pompe est placée dans la bâche du condenseur et complétement recouverte d'eau ; tous les points peuvent donc être considérés comme tout à fait imperméables à l'air. J'ai à regretter de n'avoir pu mesurer le degré de vide produit par cette pompe, sur laquelle on n'avait pas encore eu le temps de placer un manomètre.

Les plus grandes précautions ont été prises pour empêcher tout refroidissement de la vapeur, tant dans le cylindre que dans les tuyaux de conduite ; ces précautions doivent avoir une grande influence sur la réduction dans la consommation du combustible ; elles sont surtout indispensables pour que l'on puisse tirer tout le parti possible de la détente de la vapeur. Voici en quoi elles consistent

Le cylindre est à double enveloppe : l'intervalle entre les deux enveloppes est constamment tenu plein de vapeur au moyen d'un tuyau particulier qui arrive au bas du cylindre. Les chaudières étant d'ailleurs placées en contre-bas de la machine, la vapeur qui se condense dans cette chemise retourne dans les chaudières, de sorte que la chemise est constamment remplie de vapeur à la même pression que celle des chaudières ; cette chaudière peut, par conséquent, être considérée comme faisant elle-même partie de l'appareil évaporatoire.

Indépendamment de cette enveloppe le cylindre est encore entouré :

1° De cordes en chanvre disposées en spirale et dont tous les tours sont bien serrés les uns contre les autres ;

2° D'une couche de plâtre d'une épaisseur d'environ $0^m,05$;

3° Enfin, d'une dernière enveloppe en bois, distante de la précédente de $0^m,07$ à 0,08 : tout cet intervalle est rempli de charbon de bois pilé et tassé avec le plus grand soin.

Les tuyaux de conduite doivent également être revêtus de cette triple enveloppe; mais ce travail n'est pas encore terminé : ils n'étaient entourés, au moment des essais, que de tresses de chanvre recouvertes d'une couche de plâtre.

Les chaudières, qui sont au nombre de trois, sont cylindriques avec calottes hémisphériques; elles ont 8 mètres de long sur $1^m,80$ de diamètre. La moitié inférieure de leur surface est exposée au feu, mais elles n'ont ni bouilleurs, ni carneaux pour le retour de la flamme, ni tubes intérieurs pour le foyer. Le foyer placé à l'avant de la chaudière a une longueur de 2 mètres environ; la flamme passe ensuite dans un conduit ayant la forme d'un demi-cylindre et enveloppant la moitié inférieure de la chaudière, dont il est très-rapproché. Cette disposition est celle qui paraît maintenant être employée avec le plus d'avantage sur toutes les mines du Cornwall.

Les pompes destinées à l'épuisement sont divisées en trois colonnes : la pompe inférieure est une pompe élévatoire; les deux autres sont des pompes à plongeur. La hauteur totale à laquelle les eaux doivent être élevées, depuis le fond du puisard jusqu'au déversoir supérieur, est de $130^m,20$.

Les expériences auxquelles cette machine d'épuisement devait être soumise étaient indiquées, d'une manière claire et précise, par les termes du

traité passé entre M. Philippe Taylor et MM. Michel et Armand. D'après cette convention, qui a été soumise au comité consultatif des arts et manufactures, la machine devait pouvoir élever 3 mètres cubes d'eau par minute d'une profondeur de 128 mètres, en ne donnant pas plus de 10 coups par minute, et en ne travaillant pas à une pression de plus de 3 atmosphères. La consommation de combustible pour produire cet effet ne devait pas dépasser 200 kilogrammes de houille de Newcastle, ou 300 kilogrammes de bon lignite du pays par heure. Enfin, dans le cas où l'on n'aurait pas besoin de toute la force de la machine, la consommation devait être réduite proportionnellement à l'effet produit, et cela jusqu'à une limite inférieure fixée au quart de l'effet maximum, c'est-à-dire à un volume de $0^{m.c.},75$ élevé à 128 mètres.

Il était donc nécessaire de faire au moins six essais distincts pour connaître les quantités de houille et de lignite consommées pour produire le maximum d'effet; deux pour la consommation relative au minimum; et deux enfin pour un effet intermédiaire, par exemple, pour un produit de $1^{m.c.}50$ par minute.

Il n'a malheureusement pas été possible de donner à ces épreuves toute la durée nécessaire pour que les résultats en fussent très-exacts. La machine, en effet, est beaucoup trop forte pour l'épuisement des eaux qui affluent actuellement dans la mine; et, pour pouvoir la faire marcher d'une manière régulière pendant dix ou douze heures, on a été obligé d'abandonner les travaux pendant trois jours, afin d'y laisser accumuler les eaux. Cette suspension d'exploitation ne pouvant

pas être renouvelée sans de graves inconvénients, on a dû faire toutes les épreuves dans une seule journée, et borner par conséquent à une ou deux heures la durée de chacune d'elles. Les résultats de ces expériences ne doivent donc être regardés que comme approximatifs, mais il importe de remarquer que les erreurs doivent toutes être au désavantage de la machine; car on consommera bien moins de charbon dans un travail régulier et continu que dans des essais aussi courts et avec des variations aussi fréquentes dans le nombre de coups de pistons donnés par minute.

Avant tout il fallait, pour déterminer les différentes vitesses à donner à la machine, connaître la quantité d'eau fournie par chaque coup de piston. Un bassin assez vaste avait été construit pour cela; on l'avait jaugé et l'on se proposait d'y recevoir l'eau fournie par un certain nombre de coups, mais les murs ne purent résister à la pression et s'écroulèrent avant qu'il fût rempli. On fut donc obligé de recourir à d'autres moyens, et l'on employa, pour recevoir l'eau élevée à chaque coup de piston, des bennes jaugées avec toute l'exactitude possible. Ces bennes étaient placées sur de petits chariots, de sorte que l'on pouvait les amener sous le déversoir, y recevoir l'eau d'un coup de piston, et les retirer avant le coup suivant.

Plusieurs essais faits de cette manière ont donné des résultats qui ne diffèrent pas entre eux d'un centième de mètre cube, et dont la moyenne est de $0^{m.c.},45$. Or, le produit théorique des pompes, calculé d'après le diamètre et la course des plongeurs, est de $0^{m.c.},452$. La perte d'eau, après un

mois de travail, est donc tout à fait inappréciable dans ces pompes.

Chaque coup de piston donnant un volume de $0^{m.c.},45$ d'eau, il suffirait de 6 2/3 coups par minute pour fournir le volume promis de 3 mètre cubes. Néanmoins on a préféré faire marcher la machine de manière à élever une quantité d'eau un peu plus considérable, afin de compenser la diminution de hauteur résultant de ce qu'on avait été obligé de laisser les eaux s'élever dans le puits, afin qu'elles pussent suffire à un épuisement continu de quelque durée. Les essais ont donc été faits en donnant successivement à la machine les vitesses de 8, 4 et 2 coups par minute, qui correspondent à des produits de $3^{m.c.},60$, $1^{m.c.},80$ et $0^{m.c.},90$. La hauteur de l'eau dans le puits a été mesurée au commencement et à la fin de chaque expérience, et l'on a pris la moyenne entre ces deux mesures comme représentant la profondeur de laquelle avait *été élevée* toute l'eau débitée pendant l'essai.

La pression de la vapeur a toujours été moyennement de 3 atmosphères, et ne s'est pas élevée au-dessus de 3 1/4; elle était mesurée au moyen d'un manomètre à air libre placé sur le tuyau de conduite, assez près du cylindre.

Les chaudières ont été d'abord chauffées pendant quelques heures avec du lignite, avant d'employer les combustibles pesés qui devaient servir aux épreuves. On a eu soin de constater l'état des foyers au commencement de chaque essai, et l'on s'est toujours arrangé de manière à les laisser à peu près dans la même situation en finissant.

Quant aux combustibles employés, on doit

reconnaître qu'ils n'étaient pas de la meilleure qualité possible. Le charbon anglais ne provenait pas de Newcastle, mais d'Écosse. C'était une houille un peu sèche, ne collant presque pas, et ne donnant qu'une flamme un peu courte. Le lignite était également un peu plus friable et plus chargé de matières terreuses que celui que l'on retire des bons chantiers du pays.

Néanmoins, les résultats des expériences ont dépassé l'économie de combustible annoncée par M. Taylor, ainsi qu'on le verra par le tableau ci-après, dans lequel j'ai consigné ces résultats.

Numéros d'ordre des essais.	NOMBRE de coups de piston par minute.	DURÉE de l'essai.	Combustible employé.	COMBUSTIBLE CONSOMMÉ pendant l'essai.	COMBUSTIBLE CONSOMMÉ par heure.	PROFONDEUR de laquelle l'eau a été élevée.	EFFET UTILE par minute.	COMBUSTIBLE CONSOMMÉ PAR JOUR pour donner les produits annoncés de 3m.c., 1m.c.,50 et 0m.c.,75 élevés à 128 mètres par minute.	COMBUSTIBLE CONSOMMÉ PAR JOUR par force de cheval.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
		heures.		kil.	kil.	mèt.	kilog. m.	kil.	kil.
1	8	2	lignite.	486	242,5	120,80	434,880	214	2,51
2	4	1	*id.*	98	98	122,30	220,140	58,5	2,00
3	2	1	*id.*	67	67	122,40	110,160	58,2	2,74
								Moyenne. . . .	2,42
4	8	2	houille.	384	192	122,40	440,640	167	1,96
5	8	2	*id.*	301	150,5	122,40	440,640	131	1,54
6	4	1 10′	*id.*	73	62	127,20	228,960	52	1,22
7	2	1	*id.*	41	41	127,20	114,480	34,2	1,61
								Moyenne. . . .	1,58

En rapprochant les uns des autres les chiffres des colonnes (6) et (8) de ce tableau, on voit que, dans chaque expérience, la consommation de combustible a été moindre que celle que l'on avait annoncée, tandis que l'effet produit a été plus considérable. La colonne (9) donne les consommations qui correspondraient aux effets promis par M. Taylor : les chiffres qu'elle renferme ont été calculés d'après ceux de la colonne (6), en supposant dans chaque expérience les consommations proportionnelles aux produits ; ce qui n'est pas rigoureusement vrai, mais peut être considéré comme suffisamment exact, lorsque ces produits restent compris dans des limites aussi resserrées.

Enfin, la dixième colonne donne les consommations par force réelle de cheval, cette force étant mesurée par le produit des pompes. Les chiffres de ces consommations, qui sont déjà extrêmement faibles, devraient encore être réduits si on voulait les comparer à la consommation des machines ordinaires, dont la force ne s'estime pas par le débit des pompes, mais se mesure sur la machine elle-même, indépendamment des artifices qu'elle met en mouvement, et dont en outre la force nominale est toujours un peu inférieure à la force réelle. Il n'y aurait certainement rien d'exagéré à réduire tous ces chiffres de 1/5, si l'on voulait faire la comparaison dont il s'agit.

Parmi les observations que pourrait suggérer l'examen du tableau ci-dessus, j'en signalerai principalement deux, relatives, l'une au minimum de consommation, l'autre au rapport des effets calorifiques de la houille et du lignite.

On remarquera en premier lieu que, bien que dans tous les essais la consommation de combus-

tible soit moindre qu'on ne l'avait annoncé, la réduction dans le chiffre de cette consommation n'est pas tout à fait proportionnelle à celle de l'effet produit. Le minimum correspond à une vitesse de 4 coups par minute; c'est-à-dire qu'en marchant à 4 coups, soit à la houille, soit au lignite, on consomme moins de la moitié du combustible nécessaire pour marcher à 8 coups. Cette circonstance assez singulière provient de ce que la tige des pompes, qui doit descendre par son propre poids, n'est pas assez lourde pour exécuter ce mouvement avec toute la vitesse convenable. De là résulte, lorsque l'on veut marcher à 8 coups ou au-dessus, la nécessité de relever cette tige plus rapidement, et par conséquent de diminuer l'amplitude de la détente, ce qui augmente la dépense de vapeur. On évitera cet inconvénient en chargeant un peu la maîtresse tige.

Quant au rapport entre les effets calorifiques de la houille et du lignite, il serait celui de 2 à 3, si on le calculait d'après les moyennes relatives à chaque espèce de combustible. Mais je crois que l'on se tromperait en admettant cette évaluation. Les dernières expériences ont été faites dans des conditions plus favorables que les premières, les fourneaux ayant eu le temps de s'échauffer, et le mécanicien étant aussi devenu plus maître de sa machine. La différence que l'on remarque entre les essais n°s 4 et 5 suffira pour justifier cette assertion. Je crois donc que pour établir d'une manière exacte la comparaison entre ces deux espèces de combustible, il faut se borner à prendre deux expériences à peu près semblables; condition qui ne me paraît être remplie que par les essais n°s 1 et 4. D'après les résultats de ces deux essais, le rapport entre les pouvoirs calorifiques de la houille anglaise et du lignite de Fuveau serait celui de 4 à 5.

La machine a encore été soumise à quelques essais que je n'ai pas rapportés dans le tableau ci-dessus, parce qu'ils n'ont eu qu'une très-courte durée, et que d'ailleurs tous les résultats n'ont pu être constatés numériquement.

Ainsi on a fait marcher quelque temps la machine à 10 coups de piston par minute, soit avec de la houille, soit avec du lignite. On n'obtient pas ce résultat sans quelque difficulté à cause du défaut de poids de la maîtresse tige; mais, lorsqu'elle sera chargée, je ne doute pas qu'on ne parvienne à le dépasser. On peut remarquer qu'à 10 coups par minute, les pompes donnent $4^{m.c.}$,50, c'est-à-dire la moitié en sus de ce qui avait été promis par M. Taylor. Mais le peu de durée de cet essai n'a pas permis d'évaluer la quantité de combustible consommée.

On n'a également pas pu, comme on aurait désiré le faire, mesurer la consommation du combustible que l'on emploie ordinairement pour faire marcher la machine : le manque d'eau a empêché de faire cette expérience. Néanmoins il ne sera pas inutile de faire connaître la nature de ce combustible, afin de montrer quelle économie cette machine procure sur la dépense en charbon.

Habituellement, et même pour marcher à des vitesses de 8 coups par minute, on ne brûle dans les foyers que la matière connue sous le nom de *terreuse*, et qui consiste en un mélange de débris très-menus de lignite et d'argile. Ces terreuses, que l'on est obligé d'extraire de la mine parce qu'elles s'échauffent et s'enflamment, n'ont le plus souvent aucune valeur, et forment, autour du puits, des tas qui brûlent à l'air avec une odeur extrêmement désagréable. Il arrive quelquefois que les mineurs, auxquels on les abandonne, en vendent

une petite quantité à des chaufourniers; mais, dans ce cas, qui est assez rare, le prix de vente ne dépasse pas 15 à 20 centimes par quintal métrique. C'est cependant avec un combustible d'aussi mauvaise qualité, et uniquement avec lui, que les chaudières sont ordinairement chauffées; quant au chiffre de la consommation, je crois que l'on serait au-dessus de la réalité en le portant à 300 kilogrammes par heure; ce qui correspondrait, en calculant par conséquent tout au maximum, à une dépense de 60 centimes.

Il résulte des faits consignés dans ce rapport, que la machine construite par M. Taylor, pour les mines du Rocher-Bleu, présente dans sa construction plusieurs perfectionnements importants qui produisent une économie considérable dans la consommation de combustible;

Que M. Taylor a dépassé à cet égard les promesses qu'il avait faites, puisque, dans toutes les expériences qui ont eu lieu, l'effet utile a été plus grand et la consommation plus faible qu'il ne l'avait annoncé;

Enfin, que la construction des pompes est également très-remarquable, puisqu'elles donnent un produit réel exactement égal au produit théorique; ce qui est sans exemple pour les pompes employées dans les mines de France.

Je suis d'avis, en conséquence, qu'il y a lieu d'accorder à MM. Michel, Armand et compagnie la franchise définitive des droits d'entrée dont ils avaient été provisoirement exemptés, et d'étendre cette franchise non-seulement à la machine, mais encore aux pompes qu'elle met en mouvement.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des travaux faits dans le laboratoire de l'École des mineurs de Saint-Etienne pendant l'année 1840.

Par M. GRUNER, Professeur à l'école des mineurs de Saint-Étienne.

1° *Analyse de calcaire dans la vallée d'Ambert* (Puy-de-Dôme). Ce calcaire a été envoyé à l'Ecole afin qu'il fût examiné sous le rapport de ses propriétés hydrauliques. Il appartient à l'étage moyen du terrain tertiaire, et correspond au calcaire de la Limagne ; il est d'origine lacustre. Il est d'un gris verdâtre clair, à cassure conchoïde et esquilleuse, compacte, mais un peu terreux.

Sa composition a été trouvée comme il suit :

Chaux	0,416
Magnésie	0,016
Acide carbonique	0,338
Argile avec excès d'alumine. Silice	0,088
Argile avec excès d'alumine. Alumine	0,062
Peroxydes de fer et de manganèse	0,014
Eau	0,066
	1,000

On voit par cette analyse que le calcaire renferme très-probablement de l'hydrate d'alumine. La moitié de l'alumine est dissoute lorsqu'on traite le calcaire par l'acide hydrochlorique.

Ce calcaire doit d'ailleurs donner de la chaux moyennement hydraulique.

2° *Analyses et essais des minerais de fer de Rustrel* (Vaucluse). Ces minerais furent envoyés

à l'Ecole, avec divers produits d'usine, par M. Perre, propriétaire du haut-fourneau de Velleron.

Ce minerai appartient, d'après les observations de M. Diday, aux sables bigarrés qui forment la partie inférieure du second terrain d'eau douce. Il a été analysé déjà par M. Diday (*Ann.*, t. XIV, page 312), mais sa composition ne paraît pas être partout la même.

a. L'un des échantillons est un minerai hydraté en roche, concrétionné; diverses parties sont compactes, très-denses, et dans la cassure d'un gris violet foncé.

Sa composition est :

Quartz.	0,060
Peroxyde de fer.	0,810
Alumine.	0,010
Oxyde rouge de manganèse. . .	0,007
Magnésie.	traces
Eau.	0,110
	0,997

Ce minerai renferme donc 56 p. o/o de fer.

Il ne contient ni soufre ni chaux.

b. Le second échantillon est également un minerai hydraté en roche, traversé par des cavités allongées cylindriques, et dans sa cassure, il a une teinte noire brune avec un éclat résineux.

Il contient :

Quartz.	0,213
Peroxyde de fer.	0,660
Alumine.	0,020
Eau..	0,103
	0,996

Par l'essai, on en a obtenu 47 p. 100 de fonte grise.

On y a recherché avec soin le soufre et le phosphore ; mais le minerai n'en renferme pas.

c. Un troisième échantillon de la même localité qui me fut envoyé par M. Colladon de Genève, fut soumis à un essai par voie sèche, et examiné par la voie humide pour soufre et phosphore.

On a trouvé :

	10 gr. minerai cru. . . .	minerai calciné.	9,00
Fondants	1,70 argile.	argile calcinée.	1,30
	3,50 carb. de chaux. .	chaux »	1,96
			12,26

On a obtenu :

Fonte. 3gr.,76		
Scorie. 6 ,80	. . . .	10,57
	Oxygène.	1,70
		gr.
Gangue du minerai.		3,54
Gangue quartzeuse.		3,24
Gangue soluble (bases).		0,30

La fonte obtenue était blanche, lamelleuse, dure, répandant l'odeur d'hydrogène sulfuré par l'acide chlorhydrique.

La scorie était transparente, vitreuse, légèrement verdâtre.

Le minerai contient d'ailleurs, d'après l'analyse par voie humide :

Soufre.	0,0014
Acide sulfurique. .	0,0080

d. Un quatrième échantillon a donné par l'essai 41 p. 100 de fonte sulfureuse, et contenait 18 p. 100 de quartz. Il renfermait aussi du manganèse comme le premier échantillon.

3° *Analyse d'une vieille scorie de forge de*

Rustrel (Vaucluse), *envoyée par M. Perre*. M. Diday a aussi analysé une scorie semblable (*Ann.*, tome XIV, page 314).

L'échantillon analysé avait une structure cristalline à grandes lames; il était très-compacte et d'un noir métallique, et recouvert par un enduit ocreux.

On désirait connaître sa composition, afin de savoir s'il serait possible de l'utiliser dans un haut-fourneau.

Cette scorie a été facile à attaquer par l'acide chlorhydrique; il ne s'est pas dégagé d'hydrogène sulfuré.

On a d'ailleurs recherché en vain le soufre par une attaque directe au nitre. On a trouvé des traces de phosphore par deux méthodes différentes.

La composition de la scorie est de :

		Oxygène.	
Silice.	0,253	0,131	131
Protoxyde de fer. .	0,590	0,134	162,5
Oxyde de manganèse.	0,007	0,0015	
Alumine.	0,023	0,0110	
Chaux.	0,054	0,015	
Magnésie.	0,003	0,001	
Perte au feu.	0,040		
Acide phosphorique.	traces		
	0,970		

La perte au feu doit être attribuée à de l'eau contenue dans la partie décomposée ocreuse, et la perte de 3 p. 100 dans l'analyse provient de ce que le fer est en partie peroxydé dans la scorie, tandis que dans les résultats ci-dessus, j'ai supposé tout le fer à l'état de protoxyde.

La scorie renferme donc 0,456 de fer métalli-

que, et doit être, d'après sa composition, un minerai de bonne qualité.

L'essai par voie sèche a donné 47 p. 100 de fonte blanche.

4° On a examiné aussi un laitier et une fonte obtenus par la fusion des minerais de Rustrel.

a. Fonte.

L'échantillon examiné provient d'une gueuse de la coulée du 30 mai 1840, du haut-fourneau du Velleron, lorsqu'on marchait avec un mélange de bois vert et de charbon.

La fonte est d'un gris foncé et passablement graphyteuse; elle est douce sous la lime.

On a recherché dans la fonte le silicium, le soufre, le phosphore et le manganèse.

On a trouvé :

Silicium. . . .	0,006
Phosphore. . .	0,0008

Elle ne contient ni soufre, ni manganèse, ni chrôme. Le phosphore a été recherché par la méthode que recommande H. Rose.

b. Laitier du haut-fourneau de Velleron; coulée du 31 *mai* 1840.

Le laitier est très-bien vitrifié, à cassure unie et conchoïde; il est d'une couleur violette assez foncée. Il n'est pas sensiblement attaqué par l'acide chlorhydrique.

Sa composition a été trouvée de :

Silice.	0,580
Chaux.	0,254
Alumine.	0,135
Protoxyde de manganèse et un peu d'oxyde de fer. . .	0,023
Magnésie.	0,002
	0,994

Cette composition correspond presque à un bi-silicate, car l'oxygène de la silice est à celui des bases comme 15 à 7.

On voit que l'on pourrait diminuer la quantité d'argile que l'on ajoute avec la castine au minerai.

5° *La castine* employée à Velleron est un calcaire blanc crayeux, tachant les doigts, ne contenant que 0,015 d'argile légèrement rougeâtre, insoluble dans l'acide acétique. Elle ne contient pas la moindre trace de sulfate ou de phosphate de chaux, et ne renferme que des traces de magnésie.

6° *Argile de Bédoin.* On se sert de cette argile au haut-fourneau de Velleron comme fondant. Elle a une teinte grise due à des matières organiques, mais devient blanche par la calcination; elle est très-douce au toucher.

Elle contient :

Silice.	0,51
Alumine.	0,25
Oxyde de fer.	0,03
Carbonate de chaux.	0,03
Carbonate de magnésie. . . .	0,01
Eau	0,17
	1,00

Elle ne contient ni sulfate de chaux ni pyrites. Étant riche en alumine, elle est très-propre à être employée comme fondant pour des minerais siliceux. Elle est tout à fait infusible à la chaleur des essais de fer. . . . . . .

7° *L'argile de Velleron* a été examinée, afin de savoir s'il serait possible de l'employer en remplacement de celle de Bédoin ; elle est moins

douce au toucher et plus blanche que celle de Bédoin à l'état naturel, mais d'une teinte grise assez foncée après la calcination. Elle fait fortement effervescence avec les acides. Elle ne renferme ni pyrites ni sulfate de chaux.

Sa composition a été trouvée de :

Silice.	0,462
Alumine.	0,133
Oxyde de fer.	0,060
Carbonate de chaux. . .	0,260
Eau.	0,075
(Magnésie et manganèse.	traces)
	0,990

On voit que cette argile, même en faisant abstraction du carbonate de chaux, est moins alumineuse que la précédente, et par conséquent moins propre à être ajoutée comme fondant à des minerais quartzeux.

Essais d'une série de minerais de fer envoyés à l'École par MM. MIGNOT *frères, d'Annonay.* — Ils proviennent des environs de Bort (Corrèze) et sont destinés à alimenter un haut-fourneau que MM. Mignot frères ont fait construire.

ESSAI sur 10 grammes de minerai cru.	(1) Minerai de Deseix. Puits Laforce.	(2) Minerai de Deseix. Puits Galvain.	(3) Minerai de Deseix de la galerie n° 1.	(4) Minerai de Rey.	(5) Minerai de Rey.	(6) Minerai de Vendes n° 1.	(7) Minerai de Vendes n° 2.	(8) Minerai de Vendes grillé.	(9) Minerai d'Imbrousse.
	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes
Poids du minerai calciné ou grillé.	9,20	9,64	9,30	8,48	8,60	7,22	7,70	10,0	9,12
Poids des fondants crus. Castine.	2,23	6,2	4,00	0,80	1,50	0,79	1,40	0,70	0
Poids des fondants crus. Argile.	1,17	3,6	2,00	»	»	»	»	»	»
Poids des fondants calcinés. Chaux caustique.	1,25	3,47	2,24	0,45	0,84	0,44	0,79	0,39	0
Poids des fondants calcinés. Argile calcinée.	1,00	3,04	1,70	»	»	»	»	»	»
Poids des matières obtenues. Fonte.	4,10	2,78	3,02	5,44	4,89	4,60	4,37	5,45	5,53
Poids des matières obtenues. Scorie.	5,50	12,39	8,89	1,39	2,48	1,27	2,43	2,45	1,13
Perte de poids pendant l'essai ou oxygène dégagé.	1,85	0,98	1,33	2,10	2,07	1,79	1,89	2,49	2,46
Gangues des minerais.	3,25	5,88	4,95	0,94	1,64	0 83	0,64	2,06	1,13
Gangue insoluble :	quartz.	quartz.	quartz.	argile.	argile.	argile.	argile.	argile.	argile.
Argile ou quartz.	2,70	5,78	4,74	0,70	»	0,80	1,42	»	0,66
Gangue soluble : bases.	0,55	0,10	0,21	0,24	»	0,03	0,22	»	0,46
Eau du minerai.	0,80	0,36	0,70	1,52	1,40	»	»	0	0,86

(1) (2) (3). Les minerais de Deseix sont très-quartzeux et compactes; quelques parties sont de l'hématite brune fibreuse, mais la masse est un hydrate en roche, imprégné de quartz et traversé même par des veines quartzeuses. Les fontes obtenues dans les trois essais sont assez semblables, grises, un peu truitées, légèrement sulfurées et d'une ténacité moyenne. Les scories, bien vitrifiées et transparentes, un peu verdâtres, ne semblent pas indiquer la présence du manganèse.

(4) (5) Les minerais de Rey sont des oxydes hydratés, concrétionnés, argileux. Ils ressemblent à certains minerais des marais. Les deux essais ci-dessus rapportés, et un troisième que je n'ai point cru devoir mentionner, ont donné des fontes semblables.

Elles sont blanches, cristallines, très-dures, légèrement sulfurées. Les scories dans les trois cas ont été semblables; elles étaient bien vitrifiées, mais opaques et d'une teinte brune foncée.

L'essai du minerai (5) a été fait sans déterminer au préalable la quantité de gangue argileuse.

(6) (7) (8). Les minerais de Vendes appartiennent au terrain houiller.

Le minerai n° (6) est remarquable par sa pureté. Il est gris cendré et à structure presque saccharoïde et très-dense. Il semble former une couche et non des rognons isolés. Les échantillons sont çà et là mouchetés de pyrites de fer.

La fonte du (6) est truitée, très-tenace et s'aplatit facilement. La scorie est opaque comme un émail et d'un blanc de lait.

Le minerai n° (7) était un peu plus argileux et plus décomposé que le n° 6. La fonte fut également

truitée et tenace, un peu sulfureuse. La scorie est vitreuse, presque incolore, mais tirant un peu sur le violet.

La fonte du minerai (8) qui avait été grillé par les exploitants était très-sulfureuse.

Le minerai (9) est un oxyde hydraté en roche.

Il a été essayé sans aucune addition. Il donne une fonte d'un gris blanc, terne, qui semble pure. Ces divers essais ont été faits par le répétiteur de chimie, M. Janicot.

Ces divers minerais ayant été fondus en grand dans un haut-fourneau d'essai de 6 mètres, MM. Mignot ont adressé à l'Ecole divers échantillons de fonte qui ont été examinés par M. le répétiteur de chimie.

La fonte obtenue avec le minerai d'Imbrousse est grise, assez douce, et ne renferme ni soufre ni phosphore.

Trois échantillons de la fonte du minerai de Rey sont gris, un peu blancs sur les bords, et plus durs que la fonte d'Imbrousse.

On a trouvé,

Dans l'un des échantillons :	phosphore.	0,0007
Dans le second, —	—	0,0034
Dans le troisième, —	—	0,0033
	Moyenne,	0,0035

Le premier échantillon renfermait en outre 0,0017 de soufre, le second seulement des traces, et le troisième n'en contenait pas. Diverses autres fontes ont été obtenues avec les mélanges divers de ces minerais. La plupart de ces fontes sont moins pures que celle du minerai d'Im-

brousse et plus pures que celle du minerai de Rey.

Ainsi,

La fonte obtenue avec		2 p. de minerai de Rey,
—	—	2 p. *id.* d'Imbrousse,
—	—	1 p. *id.* de Vendes,
contient,		
Phosphore,		0,0008,
Soufre,		traces.
La fonte obtenue avec		2 p. de minerai de Deseix,
—	—	2 p. *id.* d'Imbrousse,
—	—	2 p. *id.* de Vendes.
renferme,		
Soufre,		0,0014
Phosphore,		0,0012.

Essais de minerais de fer de localités diverses.

Plusieurs de ces essais ont été faits par le répétiteur de chimie, M. Janicot.

ESSAIS sur 10 grammes de minerai cru.	(1) Minerai de Baden-Bavret.	(2) Minerai de Saint-Romain en Forez.	(3) Minerai des envir. de Roanne.	(4) Minerai du Pinay.	(5) Minerai des environs de Privas.	(6) Minerai de Privas.	(7) Minerai de Condrieux.	(8) Minerai du départ de la Loire.	(9) Minerai de Boin.
	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.
Poids du minerai calciné ou grillé.	8,74	8,91	10,0	9,14	8,45	8,90	8,64	9,20	8,40
Poids des fondants crus. Castine. . .	1,50	2,00	3,00	3,50	1,50	2,00	3,00	4,00	1,50
Poids des fondants crus. Argile. . .	»	»	»	»	»				
Poids des fondants calcinés. Chaux. . .	0,84	1,12	1,68	1,96	0,84	1,12	1,64	2,26	0,84
Poids des fondants calcinés. Arg. sèche.	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Poids des matières obtenues. Fonte. . .	5,10	4,10	4,40	2,90	4,60	5,00	4,28	4,10	4,78
Poids des matières obtenues. Scorie. . .	2,23	»	5,53	6,95	2,85	»	4,25	5,56	2,17
Perte pendant l'essai, ou oxygène du minerai. . .	2,25	»	1,73	1,25	1,84	»	1,79	1,80	2,29
Gangues des minerais. . . .	1,39	environ 3,00	3,85	4,99	2,01	environ 1,70	2,57	3,30	1,33
Gangue insoluble : Argile ou quartz.	argile.	argile et quartz.	3 grammes précipitent du quartz.	argile quartz^{se}.	argile quartz^{se}.	argile.	argile.	argile. 3,20	argile.
Gangue soluble : bases. . . .	»	»	0,85	»	»	»	»	0,10	»
Eau des minerais.	1,26	1,09	»	0,86	1,25	1,10	1,36	0,80	1,60

Le minerai n° 1 vient de la Haute-Loire; il a été envoyé à l'École par l'un des propriétaires des hauts-fourneaux de Terre-Noire. C'est un minerai hydraté, argileux, en roche, reposant sur le terrain primitif des bords de la Loire. La fonte était blanche, assez tenace, un peu sulfurée. La scorie, bien vitrifiée et d'un gris vert foncé, ne semble pas renfermer de manganèse. On a fait l'essai sans déterminer la gangue argileuse.

Le minerai n° 2 du département de la Loire nous a été remis par M. Ardaillon, propriétaire des hauts-fourneaux de l'Orme.

C'est un minerai hydraté formant un dépôt superficiel au milieu du gneiss. On en a fait l'essai sans déterminer au préalable le poids de la gangue insoluble.

La fonte était blanche, très-cristalline, très-cassante, ce qui semble dénoter la présence du phosphore. La scorie n'a pu être pesée.

Le minerai n° 3 des environs de Roanne paraît être un filon dans le terrain porphyrique; il a la composition de l'oxyde magnétique avec gangue quartzeuse. Il se présente sous la forme d'une masse noire légèrement cristalline.

L'essai a donné de la fonte blanche cristalline.

Un second essai fait sur un autre échantillon a donné jusqu'à 61 p. 100 de fonte truitée, moyennement tenace. Elle n'est pas sulfureuse. La scorie et un essai par voie humide dénotent la présence d'une faible quantité de manganèse.

Le minerai n° 4 vient également de l'arrondissement de Roanne, de la formation silurienne anthraxifère; ce n'est au fond que le grès anthraxifère ordinaire devenu très-ferrifère.

La fonte était grise, un peu truitée, non sulfureuse,

La scorie, transparente, un peu verdâtre.

On n'a point déterminé le résidu insoluble dans les acides.

Les deux minerais (5 et 6) de Privas, envoyés à l'Ecole par M. Ardaillon, sont très-compactes et offrent une teinte d'un noir bleuâtre avec enduit velouté, qui dénote le manganèse.

Ces deux minerais sont très-fusibles.

Le n° 5 a donné une fonte d'un gris terne, cassante et sulfureuse.

Le n° 6 a donné une fonte grise, s'aplatissant très-bien et très-tenace. Elle avait une teinte argentée particulière, assez analogue à celle du nickel.

Le n° 7, des environs de *Condrieux*, ressemble aux minerais des marais.

Il donne une fonte sulfureuse blanche et très-cassante.

La scorie est bulleuse.

Le n° 8 est analogue à celui de Latour (Saint-Etienne); c'est un minerai concrétionné, hydraté, quartzeux.

Il donne une fonte truitée, tendre, non sulfureuse et une scorie bien vitrifiée.

Le minerai (9) provient des recherches que M. Morel, maître de forges de Saint-Chamond, a fait entreprendre à Boën (Loire), dans la formation silurienne anthraxifère.

C'est un minerai argileux, hydraté, concrétionné, qui semble former un dépôt dans les cavités du terrain de transition.

La fonte est truitée, un peu sulfureuse, cassante et tendre.

La scorie, transparente, presque incolore.

Essais de quelques galènes.

	(1) Voralo.	(2) Voralo.	(3) Cingio.	(4) Tresia piavé.	(5) Mende.	(6) Aquilas. (Andalousie). (104)	(7) Aquilas. (103)	(8) Aquilas. (105)	(9) Aquilas. (3)	(10) Aquilas. (101)	(11) Nions (Drôme).	(12) Galène d'Isère.	(13) Aurec (Hte-Loire).	(14) Loire.	(15) Suisse.
Poids du minerai essayé.	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10	gr. 10
Poids du culot de plomb.	6	5,57	7,0	5,92	5,65	6,70	5,26	7,95	5,40	3,20	4,80	3,60	5,10	5,10	62,50
Poids du bouton d'argent.	0,004	0,0025	0,0025	0,002	0,002	insensible.	0,0035	insensible.	0,069	0,0035	0,0026	0,0019	0	insensible.	0,002
Richesse en plomb par 100 kil. de minerai.	kil. 60	kil. 55,7	kil. 70	kil. 59,2	kil. 56,5	kil. 67	kil. 52,6	kil. 79.5	kil. 54	kil. 32	kil. 48	kil. 36	kil. 65,6	kil. 51	kil. 62,50
Richesse en argent par 100 kil. de minerai.	gr. 40	gr. 25	gr. 25	gr. 20	gr. 20	gr. 0	gr. 35	gr. 0	gr. 690	gr. 35	gr. 26	gr. 19	gr. 0	insensible.	gr. 20

Les minerais (1) (2) (3) (4) proviennent de la province de Vicence (environs de Seio). On les a essayés sur la demande d'une compagnie de Milan qui exploite des lignites dans les environs de Vicence, et qui se proposait aussi de reprendre l'exploitation de ces galènes.

Elles se trouvent en filons dans le terrain crétacé et de grès vert, en relation avec des porphyres rouges et des mélaphyres.

Ces galènes sont généralement à grandes facettes.

La galène (5) vient des environs de Mende; elle a été envoyée à l'Ecole des mineurs par un pharmacien de cette ville.

C'est une galène à petites facettes avec gangue de schistes talqueux.

Les minerais (6) (7) (8) (9) (10) nous ont été remis par MM. Pilet frères, de Lyon, qui se proposent d'exploiter les plus riches de ces minerais. Ils viennent tous des environs d'Aquilas, petit port de mer situé à 10 lieues à l'ouest de Carthagène.

Les minerais (6) (8) sont des galènes presque pures, surtout le n° 8.

On en a essayé plusieurs autres semblables que je n'ai pas mentionnés.

Le n° 7 est une galène entremêlée de calamine.

Le zinc s'est en grande partie volatilisé pendant l'essai.

Ce minerai (9) est une galène qui était déjà réduite en poudre lorsqu'elle a été envoyée au laboratoire. Elle est fort riche.

Le minerai (10) est une galène entremêlée de pyrites de fer.

On l'a essayée avec 30 p. de flux noir et 2 gr. de

fer. Les autres minerais ont presque tous été essayés avec du flux noir seul.

On a encore essayé une *galène fort riche en argent* de la même localité. C'est un minerai tout à fait compacte, gris foncé, sans aucune structure cristalline; il ressemble à certains cuivres gris plombeux, mais ne paraît pas renfermer de cuivre.

Comme je n'avais à ma disposition que 4gr.,37 de matière, je l'ai essayée uniquement pour argent, afin d'avoir plus exactement sa richesse.

Les 4gr.,37 ont été fondus avec

25 gr. de litharge

et. . . . 0,30 de charbon.

On a obtenu un culot de plomb pesant environ 8 gr., lequel, par la coupellation, a donné un bouton d'argent de 0gr.,062, ce qui correspond à une richesse de 1418 gr. par 100 kil. de minerai, c'est-à-dire d'un et demi p. 0/0. Dans 100 kil. il y a donc pour plus de 300 fr. d'argent.

Enfin, on a essayé divers minerais ocreux de la même localité; mais aucun ne renferme d'argent. Ce sont des minerais de fer plus ou moins sulfureux.

La galène (11) de Nions (Drôme) est à moyennes facettes, à gangue quartzeuse et accompagnée de pyrites. Traitée par l'acide chlorhydrique, elle a laissé un résidu de quartz et pyrites pesant 4gr.,04 sur 10 gr.

On a fait plusieurs essais au flux noir seul, et au flux noir mêlé de fer.

La galène (12) a été envoyée à l'École par MM. Charvet frères, de Grenoble.

Elle est accompagnée de blende jaune; la gangue est quartzeuse.

On en a fait également divers essais.

Le minerai (13) est une galène fibreuse des environs d'Aurec (Haute-Loire), exploitée par un paysan pour alquifoux.

Le minerai (14) est une de ces galènes nombreuses que l'on trouve dans les granites du département de la Loire, en filons peu puissants et irréguliers. On en a essayé beaucoup d'autres semblables, mais aucune ne renferme une quantité notable d'argent.

La galène (15) du Valais en Suisse, a été envoyée à l'Ecole par un agent de change de Lyon. C'est une galène tendre, à petites facettes brillantes, à gangue quartzeuse peu abondante.

Essais de quelques minerais de cuivre.

	(1) Cuivre panaché de Nions.	(2) Cuivre panaché de Nions.	(3) Cuivre pyriteux de Gumières.
	gr.	gr.	gr.
Poids du minerai.	10	10	10
Gangue pierreuse insoluble.	2,83	2,40	»
Cuivre.	3,11	2,85	0,60
Argent. . . .	pas la moindre trace	0,0012	sans argent.

Les minerais (1) et (2) proviennent du même envoi que la galène (11) ci-dessus.

Le premier est un cuivre panaché jaune de laiton avec couleurs irisées. Il fait effervescence avec les acides.

On a dosé le cuivre par voie humide au moyen d'une lame de fer. Pour doser l'argent, on a fait deux essais.

Le premier avec 60 gr. litharge et 10 de nitre

sur 10 gr. minerai : plomb obtenu. . . . 5,27

Le second avec 80 litharge et 6 gr. de nitre sur 10 gr. de minerai : plomb obtenu. . . . . 10 gr.

Le minerai no (2) ne fait pas effervescence avec les acides ; la gangue est un quartz rougeâtre. On l'a essayé comme le premier.

Pour l'argent, on a pris :

80 gr. de litharge, 5 de nitre, et on a obtenu : plomb. . . . . $7^{gr.},37$.

Le minerai n° (3) provient d'une recherche faite à Gumières, près de Montbrison. C'est un cuivre pyriteux accompagné de pyrites de fer et de quartz, en filon dans le granite des montagnes du Forez.

On a, en outre, examiné pour argent et pour or *un cuivre gris*, *une blende*, *des pyrites de fer*, et *des pyrites arsenicales* des environs d'Aurec, provenant des recherches du général Boudinhon; mais aucun de ces minerais ne renferme de quantités sensibles de métaux précieux.

On a examiné aussi une *galène* avec cuivre pyriteux de la Bombarde et une galène *antimoniale* de Mareigneux. J'ai trouvé ces deux minerais en faisant mes courses pour la carte géologique du département de la Loire.

Aucun d'eux ne renferme d'argent.

Enfin, diverses pyrites qui nous ont été adressées par un propriétaire de la Haute-Loire ne contiennent également ni or ni argent.

Essai de deux schistes bitumineux des environs de Vicence.

Ces schistes bitumineux recouvrent les lignites que l'on rencontre dans le calcaire tertiaire d'eau douce et le tuf basaltique du Vicentin décrit par M. Brongniart. Ils renferment une multitude de squelettes de poissons et quelques restes de végétaux, et je possède des mêmes schistes un squelette parfaitement bien conservé d'une *grenouille*. Il m'a été remis par l'un des exploitants de lignite de Vicence. C'est probablement une *rana diluviana* analogue à celles que l'on trouve dans les lignites du *Siebengebirge* : c'est, je crois, le premier exemplaire d'une grenouille fossile trouvée dans le Vicentin ; du moins, M. Tschudi ne cite dans son mémoire sur les *Batraciens* fossiles (mémoires sur la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, tome II), que les grenouilles fossiles du Siebengebirge et deux autres exemplaires, l'un trouvé à Peniagen, et l'autre dans le canton de Berne.

1° *Schiste de Monteviale*, provenant d'une galerie près de la surface du sol. Il se divise en petits feuillets flexibles très-minces qui prennent feu et brûlent avec flamme à l'approche d'une bougie. Leur couleur est le noir bleu foncé.

On a distillé 1000 gr. à la fois dans une cornue de fonte, munie d'une allonge et d'un ballon tubulé.

On a obtenu du goudron liquide, de l'eau ammoniacale contenant de l'hydrosulfate, et des parties gazeuses qui brûlent avec une flamme vive, mais en répandant une forte odeur sulfureuse.

Cette odeur est particulièrement forte dans le commencement, lorsque c'est l'eau qui distille.

On a obtenu :

Eau ammoniacale.	132,50
Bitume brun liquide. . . .	175,00
Résidu charbonneux noir. .	513,25
Parties gazeuses.	161,25
	1.000,00

Le bitume brûle avec vivacité, en répandant beaucoup de fumée et sans odeur sensible d'acide sulfureux.

Le résidu charbonneux dégage de l'hydrogène sulfuré par un acide. Il ne décolore que très-incomplétement les matières végétales.

On a reconnu que le soufre provient à la fois de pyrites et de sulfate de chaux contenus dans les schistes.

On voit que ces schistes sont riches en bitume, et pourraient, aussi bien que ceux d'Autun, servir à la fabrication de l'huile de schiste pour l'éclairage au gaz. On les utilisera, peut-être, pour l'éclairage de Milan. Il existe des schistes semblables au *Monte-Bolea*, que l'on emploie comme combustible pour alimenter un four à chaux.

2° *Schistes bitumineux de la surface du sol à Monteviale.* Ces schistes paraissent en partie décomposés, et sont couverts d'efflorescences ocreuses. 1000 gr. ont donné :

Eau ammoniacale.	125
Goudron.	26
Résidu charbonneux.	749
Parties gazeuses.	100
	1.000

Ces schistes sont beaucoup plus pauvres que les précédents, mais ne sont pas sensiblement sulfureux.

Ils ont sans doute été altérés par une longue exposition à l'air.

Lignite des environs de Bayonne envoyé au laboratoire par M. Souline, ancien élève à l'Ecole des mines de Saint-Etienne.

Ce lignite est compacte, d'un brun noir peu éclatant.

Il brûle avec une flamme assez volumineuse, d'un blanc rougeâtre, en répandant une forte odeur sulfureuse.

Il donne un coke noir brillant fissuré, mais ayant la même forme que le lignite brut. Son poids forme les 48,2 p. o/o du poids du lignite; le lignite renferme d'ailleurs 13,7 p. o/o de cendres rougeâtres. Son pouvoir calorifique n'est guère supérieur à celui d'une bonne tourbe; car, par un essai avec de la litharge, on trouve qu'il pourrait produire 3220 calories.

Essai des houilles de Saint-Bérain et de quelques concessions voisines (Saône-et-Loire) (1).

Ces houilles ont été essayées sur la demande de M. Fénéon. Le principal but de ces essais était de chercher la quantité de coke que pouvaient donner ces houilles, et de doser les matières terreuses qu'elles renferment. On a fait tous les essais pour coke sur 40 gr. de houille renfermée dans un

(1) Ces essais ont tous été faits par M. M. Janicot, répétiteur de chimie à l'Ecole des mineurs de Saint-Étienne.

creuset de platine bien fermé, qui, lui-même, était placé dans un creuset de terre, luté.

L'incinération a été faite sur 2 gr. de coke dans une petite capsule de platine. Les nombres ci-dessous transcrits se rapportent à 100 de houille, aussi bien pour les quantités de cendres que pour le coke.

CONCESSION DE SAINT-BÉRAIN. — *Puits de la Mollière.*

	Houille.	Coke.	Cendres.
Houille en gros fragments (pérat).	100	72,50	26,47
Houille menue.	100	74,00	28,52
Puits des Jumeaux.			
Houille en gros fragments (pérat).	100	67,50	20,93
Houille menue.	100	68,75	22,63
Puits des Jumeaux, 1re classe.			
Houille pérat.	100	65,00	20,00
Houille menue.	100	68,75	24,00
Puits des Vignes.			
Houille pérat.	100	72,50	25,48
Houille menue.	100	73,52	26,50
Puits des Quatre-Bras.			
Houille pérat.	100	62,75	15,70
Houille menue.	100	66,80	19,80
Puits Saint-Charles.			
Houille pérat.	100	50,67	19,50
Houille menue.	100	69,25	22,10
CONCESSION DE			
La Theurée-Maillot.	100	59,50	12,20
Les Communautés.	100	67,75	5,45
Houille de Montchanin.	100	61,25	9,00
Mine de la Longue-Pendue. . .	100	60,00	8,00
Mine de Ragny.	100	63,20	8,55
Concession de Blanzy, puits Montceaux.	100	58,00	5,00
Puits Lucy.	100	65,00	14,00

Le coke obtenu dans la plupart de ces essais est, comme on le voit, très-terreux; il est d'ailleurs généralement gris foncé, sans éclat, peu aggluttiné, le plus souvent seulement fritté et tombant en poussière quand on le touche.

Celui que donnent les houilles communes des Puits des Vignes et de la Molière offre un grand nombre de parties schisteuses et argileuses. — Le plus beau provient des houilles de Blanzy et des Communautés.

Quant aux cendres, elles sont plus ou moins colorées par de l'oxyde de fer; celles de la Theurée-Maillot et celles de Blanzy sont entièrement blanches.

Examen d'une soie supposée chargée ou fraudée, envoyée au laboratoire par un négociant de Saint-Etienne.

Les soies sont quelquefois chargées par des matières grasses, gélatineuses, gommeuses ou salines.

Pour reconnaître la fraude, on a d'abord desséché au bain-marie, à 100°, une flotte de la soie chargée, et comparativement une soie ordinaire.

La soie supposée fraudée a perdu en eau hygrométrique. . . . . 9,03 o/o

La soie ordinaire. . . . . 9,45 o/o

Traitée par l'eau bouillante,

La soie supposée fraudée a perdu. . . 18,3 o/o

La soie ordinaire. . . . . 9,0 o/o

Les deux dissolutions ont été concentrées, et par le refroidissement, se sont prises en gelée de couleur jaunâtre.

Les deux substances avaient le même aspect et

étaient fades au goût; elles ne renfermaient ni l'une ni l'autre de matières salines en quantités notables; cependant la soie chargée a donné des indices de chlore, sans doute à l'état de sel marin.

On a fait agir du chlore gazeux sur une partie de la dissolution pour rechercher la gélatine, qui donne avec ce corps une matière blanche, gluante, insoluble dans l'alcool; mais les deux dissolutions se sont comportées de la même manière et comme des matières gommeuses.

On a cherché les matières grasses et huileuses par l'éther, et en opérant sur une autre flotte de soie, mais ce réactif n'a rien dissous. L'absence des substances grasses était d'ailleurs indiquée aussi par l'absence de toute odeur forte au moment de la dessiccation au bain-marie. Enfin, on a encore décreusé complétement, avec un quart de leur poids de savon blanc, deux flottes de soie, l'une ordinaire, l'autre supposée chargée.

La première a perdu.	25,4 o/o
L'autre.	32,2 o/o

Après ces deux opérations, les deux soies étaient souples, brillantes et presque blanches.

Comme les soies ordinaires ne perdent jamais plus de 25 à 30 p. o/o de leur poids au décreusage, il est évident que la soie supposée fraudée a dû, en effet, être chargée par une matière gommeuse semblable à celle dont le fil des cocons est naturellement imprégné.

La plus grande perte que cette soie a éprouvée par l'eau pure rend cette conclusion à peu près certaine.

Analyse d'une cloche fragile des environs de Mâcon, dont un fragment a été envoyé à l'Ecole par M. le préfet de Saône-et-Loire.

Ce métal de cloche a une structure légèrement cristalline qui explique son aigreur.

Il est composé de :

Cuivre	78,2
Etain	20,6
Plomb	0,6
Fer	0,4
Antimoine et arsenic, et principalement antimoine	0,2
On n'y a trouvé ni soufre ni zinc	100,0

Il est probable, d'après cette analyse, que la cloche aura été fabriquée avec un cuivre ou un étain impur. L'arsenic et l'antimoine se trouvaient dans le précipité de deutoxyde d'étain. La dissolution nitrique ne renfermait pas une trace d'arsenic. Le procédé de Marsh ne peut, au reste, pas servir dans ce cas, car le zinc, en précipitant le cuivre, entraîne l'arsenic à l'état d'arséniure, et l'hydrogène se dégage parfaitement pur.

On s'est d'ailleurs assuré, par des expériences directes, que lorsque de faibles quantités d'arsenic sont alliées à l'étain, l'acide arsénieux est totalement entraîné par le deutoxyde d'étain toutes les fois que l'alliage est traité par l'acide nitrique.

Le meilleur moyen pour isoler l'arsenic me semble être le suivant :

Le deutoxyde d'étain est réduit par un courant d'hydrogène ; les gaz sont reçus dans une dissolu-

tion ammoniacale de cuivre. En général, la majeure partie de l'arsenic sera retenue par l'étain; puis on traite cet étain par l'acide chlorhydrique, et l'on dirige encore l'hydrogène à travers la même dissolution de cuivre.

Le résidu insoluble se compose d'arsenic et d'antimoine, que l'on peut séparer par les procédés connus. On dose l'arsenic dans l'arséniure de cuivre; il faut également y rechercher l'antimoine.

Examen des acides sulfurique et muriatique ordinaires de la fabrique de M. Peyret, à Perrache (Lyon).

L'acide sulfurique est obtenu dans des chambres de plomb avec les pyrites de Saint-Bel. Or, ces pyrites étant quelquefois assez arsenicales, il était probable que l'acide sulfurique devait contenir de l'acide arsénieux. En effet, le procédé de Marsh y indique des quantités notables de ce corps, et même l'hydrogène sulfuré donne dans cet acide un dépôt de sulfure arsénieux.

L'*acide muriatique*, préparé dans la même fabrique au moyen de cet acide sulfurique, renferme également de l'acide arsénieux. Je me propose sous peu de déterminer la proportion exacte de cet arsenic. En attendant, il peut être très-utile que les consommateurs soient prévenus de l'impureté de ces acides.

Examen des eaux minérales de Montbrison et de Moingt.

Ces deux sources sortent du pied de la chaîne

granitique du Forez. L'une est dans l'intérieur de la ville de Montbrison, l'autre à 1,500 ou à 2,000 mètres de là. Ces eaux minérales, assez semblables entre elles, sont gazeuses; l'acide carbonique communique à l'eau une légère réaction acide et un goût piquant; mais quand la première impression de l'acide carbonique a disparu, l'eau laisse un arrière-goût amer, fort désagréable. Ces eaux produisirent, en 1837, des accidents fâcheux parmi la garnison de Montbrison, chez plusieurs soldats qui avaient contracté l'habitude d'en faire un usage immodéré. M. le préfet de la Loire nous engagea alors à les analyser.

On a donc recherché avec soin les divers principes qui rendent certaines eaux minérales dangereuses. Mais il n'a pas été possible de trouver la moindre trace de brôme, ni d'iode, ni aucune matière organique.

La pesanteur spécifique de l'eau de Montbrison, à la température de 7°, est de. 1,0033

Celle de l'eau de Moingt est de. . . 1,0037

Les deux eaux sont d'ailleurs à la température ordinaire.

Les analyses ont été faites sur un 1 litre mesuré à la température de 5 à 6°. Chaque analyse a été faite deux fois.

La potasse a été dosée à l'état de chlorure double de platine et de potassium; ce corps est assez rare dans les eaux minérales, et il ne peut en exister ni dans les eaux de Vichy, ni dans celles de Saint-Alban, d'après les analyses de MM. Berthier et Barruel.

1 litre d'eau de Montbrison a donné 3gr.,06 de résidu salin blanc.

Et 1 litre d'eau de Moingt a donné 3gr.,57 de résidu salin blanc.

On a trouvé ces résidus salins composés de :

	Eau de Montbrison.	Eau de Moingt.
Carbonate de soude. . . .	2,340	2,811
Chlorure de sodium. . . .	0,018	0,071
Chlorure de potassium. .	0,185	0,122
Carbonate de chaux. . . .	0,286	0,259
Magnésie.	0,145	0,140
Silice.	0,045	0,065
Oxyde de fer.	0,015	0,020
	3,034	3,488

Les eaux ne renferment pas une trace de sulfates.

L'oxyde de fer dans les deux eaux n'est d'ailleurs pas pur ; il est mélangé à une matière blanche, qui doit être du phosphate de chaux ou d'alumine, ou du fluorure de calcium. Je ne l'ai point examinée, vu sa faible quantité.

Dans l'eau minérale, la soude, la chaux et la magnésie existent d'ailleurs à l'état de bicarbonate.

Les différences en moins qui existent entre les deux sommes 3,034 et 3,488, et les quantités des matières soumises à l'analyse, peuvent provenir de ce que, dans le résultat de l'analyse, on n'a pas fait figurer la magnésie à l'état de carbonate, tandis que dans les matières soumises à l'analyse, la magnésie retenait peut-être encore un peu d'acide carbonique.

Ces deux eaux me paraissent particulièrement remarquables par la forte proportion de magnésie. Il ne serait pas impossible que, par une exposition

prolongée à l'air, on obtînt un dépôt de magnésie, chaux et silice, duquel il y aurait quelque avantage à extraire la première de ces trois substances.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

des expériences faites en 1840 dans le laboratoire de Villefranche;

Par M. SENEZ, Ingénieur des mines.

1° *Analyse du calcaire de Veuzac.* Ce calcaire, provenant des assises inférieures au minerai de fer oolitique exploité à Veuzac, est ochreux, a cassure terreuse et à structure subschistoïde.

10 gr. ont donné :

Chaux.	3,96
Magnésie.	0,38
Peroxyde de fer.	1,25
Silice et argile.	0,59
Perte au feu (eau et acide carbonique).	3,84
	10,02

L'excès de poids provient de ce qu'une partie du fer doit être à l'état de carbonate; pour s'en assurer, on a dosé directement l'acide carbonique, et on a trouvé 3,66. Or, pour saturer les quantités indiquées ci-dessus de chaux et de magnésie, 3,53 d'acide carbonique suffisant, il en restera donc 0,13 combiné avec du fer, en sorte qu'en recomposant les carbonates, on aura :

Carbonate de chaux. . .	7,07
— de magnésie.	0,80
— de fer.	0,33
Silice et argile.	0,59
Peroxyde de fer.	1,03
Eau.	0,18
	10,00

2° *Analyse du calcaire magnésien de Saint-Rome-de-Tarn.* Ce calcaire paraît dépendre des assises inférieures du terrain jurassique. Il est composé de :

Chaux	0,37
Magnésie	0,10
Perte au feu (eau et acide carbonique).	0,45
Oxyde de fer	0,02
Silice et argile	0,06
	1,00

ou bien :

Carbonate de chaux	0,66
— de magnésie	0,22
— de fer	0,03
Sicile et argile	0,06
Eau et perte	0,03
	1,00

3° *Cinq autres calcaires*, présumés hydrauliques, ont été apportés au laboratoire et analysés comme les précédents. Ils appartiennent tous aux assises supérieures du lias et proviennent des environs du Crouzet et de Sainte-Croix : ils ont donné les résultats suivants :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
Carbonate de chaux.	0,54	0,485	0,45	0,60	6,51
Id. de magnésie.	0,00	0,013	0,00	0,05	0,00
Argile	0,33	0,390	0,41	0,27	0,34
Eau	0,10	0,090	0,12	0,06	0,12
Perte	0,03	0,022	0,02	0,02	0,03
	1,00	1,000	1,00	1,00	1,00

4° *Analyse du minerai de manganèse de la Vaysa.* Ce minerai forme un filon près de Testas, sur la rive gauche de l'Aveyron ; il est compacte, amorphe, d'un gris noir métalloïde et intime-

ment mêlé de quartz, qui forme la partie principale de la gangue. Il est composé de :

Oxyde rouge de manganèse.	0,675
Oxygène.	0,081
Eau.	0,008
Oxyde de fer.	0,015
Quartz.	0,221
	1,000

5° *Minerai de manganèse de Cantagrel.* Ce minerai dépend d'un filon de galène argentifère dont il forme la crête ; il est presque toujours accompagné de plomb carbonaté ou phosphaté.

L'échantillon analysé a donné les résultats suivants :

Oxyde rouge de manganèse. .	0,576
Id. de fer.	0,009
Oxygène.	0,078
Eau.	0,010
Quartz.	0,074
Oxyde de plomb.	0,110
Acide carbonique.	0,043
	1,000

6° *Plomb carbonaté de Cantagrel.* On trouve à la partie inférieure de la montagne de Cantagrel et dans les déblais une assez grande quantité de plomb carbonaté blanc jaunâtre, terreux, avec paillettes cristallines de plomb blanc et quartz disséminé.

Ce minerai est composé de :

Oxyde de plomb.	0,650
Acide carbonique.	0,125
Quartz.	0,160
Oxyde de fer.	0,055
Eau.	0,010
	1,000

7° *Galène argentifère de Cantagrel.* L'essai pour plomb et argent a été fait sur le minerai brut propre à la fonte, sans lavage préalable.

20 gr. ont donné :

	Plomb. . . .	8gr.,62,	argent.	0,032
Donc 1 contient :	—	0 ,431	*id.*	0,0016

Soit 2 onces 4 gros 34 grains ½ par 50 kil.

8° *Galène argentifère de Morlhon.* Cette galène, essayée comme la précédente, a donné pour 10 gr. de minerai :

	Plomb.	4,89,	argent. . .	0,021
Soit pour 1.	Plomb.	0,489,	argent. . .	0,0021

ou 3 onces 2 gros 63 grains par 50 kil.

9° *Galène de Pichignet.* Un nouveau filon de galène argentifère vient d'être découvert à Pichignet.

Le minerai a rendu à l'essai :

15 gr. minerai lavé. Plomb 9gr.,80, argent 0,061
Soit pour 1 gr. . . Plomb 0 ,65, argent 6 onces 3 gros 14 grains par 50 kil.

10° *Minerai en grains de Sainte-Croix.* On trouve aux environs de Sainte-Croix une assez grande quantité de grains ferrugineux provenant, selon toute apparence, de la décomposition des oolithes ferrugineuses qui, dans cette région, occupent la partie supérieure de la formation du lias. Ils sont composés de :

Peroxyde de fer. . .	0,640
Eau.	0,150
Alumine.	0,100
Argile.	0,110
	1,000

11° *Fer carbonaté des environs de Cassagnes.*

Un minerai semblable, provenant du filon de Cassagnes, a déjà été analysé l'année dernière ; ceux dont il est question ici ont le même gisement et ont été trouvés tant aux environs de Cassagnes que sur les bords de la Serène et à Faragut, près de Najac.

Celui de Cassagnes est blond, cristallin, à lamelles entrecroisées et mélangé de calcaire saccharoïde. Il contient :

Acide carbonique et eau.	3,94
Peroxyde équivalent à protoxyde de fer.	4,86
Oxyde rouge équivalent à peroxyde de manganèse.	0,63
Chaux.	0,54
Perte.	0,03
	10,00

ou en recomposant :

Carbonate	de fer. . . .	0,796
Id.	de manganèse.	0,101
Id.	de chaux. . .	0,096
Eau et perte.		0,007
		1,000

12° *Fer carbonaté de la Serène.* Ce minerai est en petites lamelles contenant des points micacés de matière étrangère : pendant l'analyse, une partie de la silice s'est prise en gelée, ce qui indique qu'elle n'existe pas seulement à l'état de mélange. Voici au reste les résultats obtenus :

Acide carbonique.	3,42		
Protoxyde de fer.	4,35	(Peroxyde. . .	4,78)
Protoxyde de manganèse.	1,00	(Oxyde rouge.	1,08)
Magnésie.	0,18		
Silice et argile.	1,03		
Perte.	0,02		
	10,00		

13° *Fer carbonaté de Faragut.* Ce minerai est à structure grenue et contient des paillettes disséminées de serpentine qui forme la roche encaissante.

La silice est à l'état de combinaison, en sorte qu'on n'a pu calculer la proportion de carbonate; l'analyse a d'ailleurs indiqué :

Peroxyde de fer.	4,38
Magnésie.	1,14
Chaux.	0,07
Silice.	0,84
Acide carbonique, eau et perte.	3,57
	10,00

MÉMOIRE

sur l'emploi des eaux corrosives pour l'alimentation des chaudières à vapeur (1).

Par M. LECHATELIER, Ingénieur des mines.

L'établissement des machines à vapeur sur les mines et les carrières présente souvent de graves difficultés, dues à la nature des eaux d'alimentation qui attaquent, avec plus ou moins de rapidité, le métal des chaudières. De là résultent des dépenses considérables pour la réparation ou le renouvellement des appareils, des accidents quelquefois très-graves, des interruptions, toujours nuisibles, dans la marche de la machine. Dans un travail spécial, dont je donne ici les résultats, je me suis proposé d'examiner le mode d'action des eaux corrosives, et de rechercher des moyens économiques, et d'un emploi facile pour combattre leur influence. L'analyse chimique pouvait seule me guider sûrement dans cette étude; pour me rendre compte des réactions qui ont lieu dans les chaudières, j'ai analysé comparativement : l'eau d'alimentation, l'eau qui sort des chaudières lorsqu'on les vide pour les nettoyer, les dépôts boueux qui s'y for-

(1) Les analyses dont les résultats sont consignés dans ce mémoire ont été faites dans le laboratoire d'Angers. Ce travail avait été entrepris dans un but d'application spéciale aux carrières d'ardoises d'Angers et aux mines des départements voisins, à l'époque où j'étais encore chargé du service du sous-arrondissement d'Angers.

ment souvent en quantité considérable, et enfin les dépôts solides ou encroûtements qui adhèrent fortement aux parois et forment un véritable tartre.

Les résultats que j'ai obtenus sont parfaitement d'accord avec les faits qui se passent journellement sous nos yeux, dans les opérations de laboratoire, mais cependant je ne crois pas qu'ils aient été signalés jusqu'ici d'une manière spéciale.

J'ai surtout examiné les eaux corrosives ou vitrioliques (j'évite d'employer le mot *acide*, car je n'ai jamais rencontré d'eaux tenant des acides libres en dissolution, et j'ai lieu de croire qu'on n'en rencontre jamais dans les mines); je donnerai pourtant quelques analyses d'eaux et de dépôts recueillis dans les chaudières alimentées par des eaux non corrosives, et j'indiquerai en passant les observations qu'elles m'ont donné lieu de faire. Je me suis contenté quelquefois d'analyses qualitatives, lorsque les substances analysées ne présentaient que des différences de proportions avec des substances semblables déjà soumises à l'analyse quantitative.

Je diviserai ce travail en trois parties : dans la première, je rapporterai les faits résultants de l'analyse chimique et des observations faites dans les ateliers; dans la seconde, j'en ferai le rapprochement, et je ferai ressortir les conséquences qu'on doit en déduire; enfin dans la troisième, j'indiquerai les moyens préservatifs dont l'emploi me paraît le plus avantageux.

PREMIÈRE PARTIE.

Analyses et résultats d'observation.

1° EXAMEN DES EAUX D'ALIMENTATION.

A. Chaudières de la filature du Cordon-Bleu à Angers. Cet établissement emprunte sa force à une machine de Woolf à deux cylindres, de la force de 12 chevaux. Elle est desservie par deux chaudières en tôle de fer, qui marchent alternativement pendant un mois chacune. La vapeur est ordinairement maintenue à la tension de 4 atmosphères. L'eau d'alimentation est prise dans l'ancienne carrière d'ardoise abandonnée, dite du Pré Pigeon; *elle n'est pas chauffée avant son introduction dans la chaudière.*

Un litre d'eau contient :

	gr.		gr.
Sulfate d'alumine.	0,251	ac. sulfuriq.	0,176
Sulfate de peroxyde de fer. . .	trace.		
Sulfate de chaux.	0,752		
Sulfate de magnésie.	0,109		
Sulfates de nickel et de cobalt.	0,013		
Sulfates alcalins.	0,144		
Chlorure de sodium.	0,069		
Silice gélatineuse.	0,023		
	1,361		

B. Chaudières de la carrière d'ardoises de la Gravelle, à Saint-Barthélemy, près d'Angers. On emploie sur cette carrière une machine à vapeur, à haute pression, de la force de 8 chevaux, desservie par deux chaudières en tôle de fer, qui marchent alternativement pendant 8 ou 10 jours au plus. Les eaux se rassemblent dans une an-

cienne carrière remplie de déblais, au milieu desquels on a ménagé un puisard; elles sont extraites au moyen d'une pompe dont les tuyaux sont en cuivre. L'eau d'alimentation est chauffée dans une bâche par la vapeur perdue; sa température s'élève à 40 ou 50°. La vapeur est maintenue à la tension moyenne de 4 atmosphères.

L'eau d'alimentation, recueillie le 26 juin 1841, lorsque le puisard était plein, contenait par litre :

	gr.		gr.
Sulfate d'alumine.	0,032	ac. sulfuriq.	0,035
Sulfate de peroxyde de fer. . .	0,063		
Sulfates de cobalt et de nickel.	traces.		
Sulfate de chaux.	0,869		
Sulfate de magnésie.	0,726		
Sulfate de potasse.	0,017		
Sulfate de soude.	0,027		
Chlorure de sodium.	0,081		
Silice gélatineuse.	»		
	1,816		

Un nouvel échantillon recueilli à la fin du mois d'août, lorsque le puisard était presque vide, ne contenait que très-peu de sulfate de peroxyde de fer, et contenait, au contraire, une quantité notable de sulfate de protoxyde de fer. La composition de l'eau, dans une carrière en activité, doit naturellement varier avec la saison et le niveau d'épuisement.

C. Chaudières de la carrière d'ardoises des Grands-Carreaux, à Trélazé, près d'Angers. Cette carrière, l'une des plus importantes des environs d'Angers, avait atteint une profondeur de plus de 100 mètres, à ciel ouvert, lorsqu'un éboulement, au milieu du mois de décembre 1840, l'a comblée sur la moitié de sa profondeur.

L'exploitation se faisait au moyen de 3 machines à vapeur, dont l'une était plus généralement consacrée à l'épuisement des eaux. Après l'éboulement, les travaux d'exploitation ont été restreints à une carrière souterraine voisine de l'ancien fond, dans lequel on a laissé remonter les eaux jusqu'au mois d'août 1841 ; à cette époque, on en a repris l'épuisement, parce qu'elles commençaient à atteindre le niveau inférieur de l'exploitation souterraine. Les eaux et les dépôts analysés ont été recueillis dans la première quinzaine de cette nouvelle période. Les chaudières qui alimentent la machine marchent alternativement pendant 8 jours ; la tension de la vapeur est maintenue à 2 atmosphères 1/2 ; la vapeur est condensée à la sortie du cylindre, et une portion de l'eau est renvoyée à la chaudière.

Un litre de cette eau contient :

	gr.		gr.
Sulfate d'alumine.	0,232	ac. sulfuriq.	0,165
Sulfate de peroxyde de fer. .	0,005		
Sulfate de protoxyde de fer. .	trace notable.		
Sulfates de cobalt et de nickel.	non dosés.		
Sulfate de chaux.			
Sulfate de magnésie.			
Sulfates alcalins.			
Chlorure de sodium.			
Silice gélatineuse.	0,020		

D. *Chaudière de la carrière d'ardoises de la Pouëze, à la Pouëze* (Maine-et-Loire). Cette chaudière sert à faire mouvoir une machine à vapeur, à haute pression, qui mène des pompes d'épuisement. L'eau d'alimentation est prise dans une vieille carrière abandonnée ; elle est chauffée avant son introduction dans la chaudière.

Elle contient :

Sulfate de peroxyde de fer.
Sulfate d'alumine.
Sulfate de cobalt et de nickel.
Sulfate de chaux.
Sulfate de magnésie.
Sulfates de potasse et de soude.

Elle ne contient pas de sulfate de protoxyde de fer.

E. *Chaudières de la mine d'anthracite de la Bazouges de Chemeré* (Mayenne). Cette mine, qui compte 6 puits en activité, ne possède qu'une machine à vapeur de la force de 16 chevaux, placée sur un puits nouvellement creusé ; les chaudières marchent ensemble pendant un mois. La vapeur est maintenue habituellement à la tension de 6 atmosphères. L'une des chaudières est en tôle de fer, l'autre en cuivre. On s'est servi, lorsque la machine a été établie, des eaux qui sortaient immédiatement de la mine ; elles étaient tellement corrosives, qu'une première chaudière en tôle de fer a été détruite dans l'espace de 3 mois; elle a été remplacée par la chaudière en cuivre. Maintenant on mélange, à peu près par moitié, cette eau avec l'eau d'un puits creusé, à côté de la mine, dans un terrain sablonneux. La proportion du mélange varie suivant l'abondance des eaux dans le puits. La chaudière de fer est moins rapidement attaquée qu'auparavant. La chaudière de cuivre ne l'a pas été jusqu'ici d'une manière sensible. Les eaux de la mine sont tellement corrosives, qu'on a reculé jusqu'ici devant l'emploi des machines à vapeur sur les autres puits, et pour la machine en activité, l'avantage économique est

encore douteux. L'eau d'alimentation est chauffée par la vapeur perdue.

Un litre de cette eau contient :

	gr.		gr.
Sulfate d'alumine.	0,695	ac. sulfuriq.	0,511
Sulfate de peroxyde de fer. . .	0,040		
Sulfate de protoxyde.	0,090		
Sulfate de nickel, etc.	trace.		
Sulfate de chaux.	0,920		
Sulfate de magnésie.	1,294		
Sulfates alcalins.	0,798		
Chlorure de sodium.	0,103		
Silice gélatineuse.	0,119		
	4,059		

Dans l'eau mélangée introduite dans la chaudière, on retrouve tous ces éléments ; on trouve encore dans un litre $0^{gr.},378$ d'alumine.

Toutes ces analyses ont été faites sur une quantité d'eau variable de 1 litre à $1^{lit.},5$. Je l'ai mise d'abord en ébullition pendant une 1/2 heure à 1 heure, avec du carbonate de baryte en poudre ; j'ai ensuite laissé déposer et décanté rapidement ; le précipité et l'excès de carbonate de baryte ont été repris par l'acide muriatique pur ; le sulfate de baryte non dissous a été recueilli sur un filtre ; il représentait l'acide sulfurique libre, l'acide sulfurique combiné avec le peroxyde de fer, et la portion d'alumine précipitée. (La précipitation de l'alumine a toujours été incomplète pendant le temps qu'a duré l'ébullition, mais celle du fer a été très-complète. L'acide sulfurique correspondant toujours exactement aux bases, j'ai constaté d'une manière certaine que ces eaux, généralement réputées acides, ne contiennent pas une trace d'acide sulfurique libre. Il en est certainement de même dans tous les cas.

2° EXAMEN DES EAUX CONCENTRÉES DANS LES CHAUDIÈRES.

A. *Chaudières du Cordon-Bleu*. L'eau analysée avait séjourné pendant un mois dans l'une des chaudières, la machine marchant 6 jours par semaine et 12 heures par jour. Elle a été puisée encore bouillante par le trou d'homme, et le flacon qui la renfermait immédiatement fermé avec un bouchon à l'émeri; elle renfermait en suspension une partie du dépôt pulvérulent qui se forme dans la chaudière, et qui lui donnait une couleur rouge de sang. Ce dépôt a été séparé par une filtration rapide.

Un litre contient :

	gr.
Sulfate de protoxyde de fer. . .	5,760
Sulfates de cobalt et de nickel. .	0,790
Sulfate de chaux.	0,820
Sulfate de magnésie.	8,790
Sulfates alcalins.	0,980
Chlorure de sodium.	2,000
Silice gélatineuse.	»
	19,070

B. *Chaudières de la Gravelle*. L'eau examinée a été recueillie après 4 jours 1/2 de marche continue, à la fin du mois d'août. Elle sortait accompagnée d'un dépôt jaune ocreux qui lui donnait une teinte d'un jaune sale. On avait mis dans la chaudière du crottin de cheval pour empêcher la formation du tartre. On a recueilli l'eau bouillante à la sortie des bouilleurs. La composition est exactement la même que pour la précédente, aux proportions près des sels qui n'ont pas été dosés; elle ne contient ni sulfate d'alumine, ni sulfate de peroxyde de fer; elle est chargée de :

Sulfate de protoxyde de fer.
Sulfates de cobalt et de nickel.
Sulfate de chaux.
Sulfate de magnésie.
Sulfates alcalins.
Chlorure de sodium.

C. *Chaudières des Grands-Carreaux.* L'eau a été puisée bouillante par le trou d'homme et le flacon immédiatement bouché. La machine avait marché 8 jours de suite et 12 heures par jour.

Les parois intérieures de la chaudière avaient été graissées avec un mélange de suif et de graphite.

L'eau retenait encore en suspension une partie du dépôt qui la colorait en brun ; on l'a filtrée rapidement.

Un litre contient :

	gr.
Sulfate de protoxyde de fer. . .	5,840
Sulfates de cobalt et de nickel. .	0,930
Sulfate de chaux.	1,966
Sulfate de magnésie.	9,279
Sulfates alcalins.	3,720
Chlorure de sodium.	1,710
Silice gélatineuse.	0,300
	23,745

D. *Chaudière de la Pouëze.* L'eau a été recueillie dans la chaudière après 4 jours de marche ; elle ne contient ni alumine, ni peroxyde de fer ; elle contient une très-notable proportion de :

Sulfate de protoxyde de fer.
Sulfates de cobalt et de nickel.
Sulfate de chaux.
Sulfate de magnésie.
Sulfates alcalins.
Chlorure de sodium.

E. *Chaudières de la Bazouge.* L'eau, recueillie dans les deux chaudières qui avaient marché ensemble pendant 25 jours, présente la même composition ; elle ne renferme ni alumine, ni peroxyde de fer. Elle contient :

Sulfate de protoxyde de fer.
Sulfate de nickel (trace).
Sulfate de chaux.
Sulfate de magnésie.
Sulfates alcalins.
Chlorure de sodium.
Silice gélatineuse.

La quantité de sulfate de protoxyde de fer est la même dans les deux chaudières. L'eau de la chaudière de cuivre ne renferme pas une trace de cuivre en dissolution (1). Cette composition est constante pour toutes les eaux que j'ai eu l'occasion d'examiner.

F. *Chaudière de la mine de houille de Montjean, puits Saint-Nicolas* (Maine-et-Loire). Les eaux des mines de houille du bassin de la Basse-Loire ne sont pas corrosives. J'ai jugé cependant que l'analyse de quelques-uns de leurs produits serait utile pour confirmer les résultats des analyses précédentes. La machine du puits Saint-Nicolas est à haute pression, à cylindre horizontal. Elle est desservie par une chaudière cylindrique sans bouilleurs. On emploie comme eau d'alimentation celle qui sort de la mine, après l'avoir clarifiée dans des bassins de dépôt. L'eau est échauffée par la vapeur perdue dans une bâche qui sert de support au cylindre de la machine. La tension

(1) On verra plus loin que les réactions ont dû se former dans cette chaudière comme dans une chaudière de fer.

de la vapeur est ordinairement de 3 1/2 à 4 atmosphères. Pour empêcher en partie la formation du tartre, on met des pommes de terre dans la chaudière. L'eau analysée a été recueillie après 3 mois de séjour dans la chaudière.

Un litre d'eau contient :

	gr.
Sulfate de chaux. . .	1,450
Sulfate de magnésie. .	12,820
Sulfate de potasse. . .	0,840
Sulfate de soude. . . .	9,280
Chlorure de sodium. .	3,510
Silice gélatineuse. . .	trace.
	29,900

L'absence complète de sels métalliques est à remarquer. L'eau renferme une quantité notable de matières organiques; l'amidon de pommes de terre a complétement disparu; l'eau ne donne pas la plus légère coloration en bleu par l'acide; il paraît s'être transformé en dextrine sous l'action des sels en dissolution, et de la haute température à laquelle a lieu l'ébullition de l'eau.

3° EXAMEN DES DÉPÔTS PULVÉRULENTS.

Les dépôts pulvérulents ou terreux qui se forment dans les chaudières sont en grande partie composés de sulfate de chaux. Lorsque les eaux renferment du carbonate de chaux en dissolution dans un excès d'acide carbonique, on retrouve cette substance dans le dépôt pulvérulent, surtout si l'eau n'a pas été fortement et longuement chauffée avant son introduction dans la chaudière. On retrouve enfin dans ces dépôts les substances précipitées dans l'intérieur de la chaudière par les réactions qui seront indiquées plus loin.

A. *Chaudières du Cordon-Bleu*. Il se forme dans ces chaudières un dépôt considérable d'un rouge de brique foncé ; ce dépôt est entraîné à l'état de boue par l'eau qui sort de la chaudière lorsqu'on la vide; une petite portion reste dans les bouilleurs : elle se dessèche lorsque ceux-ci sont vides, et reste à l'état pulvérulent. Cette poussière, gâchée avec de l'eau, sert de plâtre, et on l'emploie pour faire des dalles d'un beau rouge. L'échantillon analysé avait été recueilli, en 1840, après un mois de travail.

Il contient :

	gr.
Sulfate de chaux.	0,694
Sulfate de magnésie.	trace.
Sulfates de cobalt et de nickel. .	trace.
Peroxyde de fer.	0,194
Alumine.	0,044
Silice gélatineuse.	0,004
Eau et matières volatiles.	0,056
Résidu inattaquable.	0,006
	0,998

On retrouve, à l'exception du sulfate de protoxyde de fer, qui est passé à l'état de sous-sulfate de peroxyde, la trace des substances en dissolution dans l'eau qui a imprégné la boue restée dans les bouilleurs. Il est facile de constater que le peroxyde de fer et l'alumine sont bien à l'état d'oxydes, et non de sous-sulfates, en épuisant par l'eau bouillante les sels solubles, et en traitant le résidu par l'acide hydrochlorique pur; la dissolution ne donne, par le muriate de baryte, qu'une trace de sulfate de baryte provenant du sous-sulfate de fer, dont l'origine vient d'être indiquée. On estime à 50 kilogrammes le poids du dépôt qui se forme dans l'espace d'un mois.

B. *Chaudière de la Gravelle.* Le dépôt qui se forme dans cette chaudière est très-abondant; il est généralement d'un rouge de brique, quelquefois il est d'un jaune ocreux sale; on a cru remarquer que cela avait lieu lorsque l'épuisement se faisait au fond du puisard. Sa nature est semblable à celle du précédent. . . . . .

C. *Chaudière des Grands-Carreaux.* Il se forme également dans cette chaudière un abondant précipité qui reste en suspension dans l'eau; desséché, il est d'un rose sale. L'échantillon analysé a été recueilli avec l'eau concentrée, dont la composition a été donnée plus haut; il en a été séparé par filtration et *lavage*.

Il contient :

	gr.
Sulfate de chaux.	0,694
Peroxyde de fer.	0,095
Alumine.	0,035
Silice gélatineuse.	0,006
Eau.	0,140
Résidu inattaquable. . . .	0,030
	1,000

J'ai constaté que ce dépôt ne contenait pas de sous-sulfates d'alumine ou de fer; en épuisant le sulfate de chaux par l'eau bouillante, et traitant le résidu par l'acide muriatique pur, le muriate de baryte n'a pas donné de précipité dans la dissolution. J'ai fait encore cette recherche en chauffant au rouge une petite quantité de matière dans un tube fermé; il se condense des gouttelettes liquides à la partie supérieure du tube; en les délayant dans de l'eau chargée de muriate de baryte, il ne se forme pas de précipité de sulfate de baryte.

Un autre échantillon recueilli, en 1839, dans

la même chaudière, m'avait donné, dans une analyse faite au mois de janvier 1840, la composition suivante (1) :

	gr.
Sulfate de chaux.	0,554
Sulfates de cobalt, de nickel et de magnésie.	traces.
Peroxyde de fer.	0,058
Alumine.	0,070
Silice gélatineuse.	0,004
Eau.	0,205
Argile et sable.	0,109
	0,991

D. *Chaudière de la Pouëze*. Il se forme aussi dans cette chaudière un dépôt très-abondant; il est d'un rouge de brique tirant sur le brun, et paraît renfermer beaucoup d'oxyde de fer. Son analyse n'a pas été faite.

E. *Chaudières de la Bazouge*. Les dépôts sont très-abondants; celui de la chaudière de cuivre est d'un rouge de brique foncé; celui de la chaudière en tôle est d'un jaune sale : ce dernier calciné devient aussi rouge que l'autre, et est au moins aussi ferrugineux. Il est remarquable que ces deux dépôts, formés en même temps par la même eau prise dans la même bâche, diffèrent totalement par leur aspect. Je n'ai pas encore pu me rendre compte de cette coloration en jaune,

(1) Les matières en suspension dans l'eau n'ont pas toutes le même degré de ténuité, et la proportion des éléments de ces dépôts doit varier suivant la manière dont les échantillons ont été recueillis; la partie qui reste vers le fond des bouilleurs est généralement moins colorée, et contient beaucoup plus de sulfate de chaux, qui, par suite de sa tendance à cristalliser, doit être dans un état moindre de division.

produite par du peroxyde de fer hydraté, que j'ai déjà observée dans la chaudière de la Gravelle. La composition de ces dépôts peut être formulée comme celle des précédents.

Ils contiennent :

Du sulfate de chaux,
Du peroxyde de fer,
De l'alumine,
De la silice gélatineuse,
De l'eau,
Et la trace des sels en dissolution dans l'eau.

Ils ont été recueillis dans les bouilleurs lorque la chaudière était vide. Les échantillons qui m'ont été envoyés (2 à 3 kilogr.) présentent des zones de teintes diversement foncées, ce qui indique bien qu'il n'y a pas le même degré de ténuité dans les matières boueuses qui se déposent sur les parois des bouilleurs. On ne trouve pas de trace de cuivre dans les dépôts de bouilleurs de la chaudière en cuivre. Cette chaudière a deux bouilleurs qui lui sont attachés chacun par deux tubes de communication également en cuivre; cet assemblage est consolidé par des traverses en fer à double T. Ces quatre pièces de fer, comptant comme cuivre dans le prix d'achat de la chaudière, on peut être assuré que le fabricant leur a donné la force et les dimensions nécessaires; elles n'ont pas encore pu être consommées pendant les 3 mois de travail effectif de la chaudière établie depuis 6 mois. La présence de ce fer, et peut-être d'autres pièces encore, explique parfaitement pourquoi les produits sont les mêmes que dans une chaudière de fer; la réaction des eaux corrosives sur le fer est encore facilitée par le contact des métaux qui forment une véritable pile (Voir la note M).

F. *Chaudières de Montjean.* Les dépôts se forment avec une grande abondance dans les chaudières employées sur cette mine. Ils sont d'un blanc sale; cette couleur indique qu'ils sont exempts d'oxyde de fer. Le dépôt de la chaudière de Saint-Nicolas, traité par l'eau, ne laisse qu'un faible résidu, soluble dans l'acide acétique avec une vive effervescence.

Il contient :

Sulfate de chaux. . .	0,859
Sulfate de magnésie.	0,073
Carbonate de chaux.	trace notable.
Eau.	0,068
	1,000

Il est mélangé d'une petite quantité de charbon et de matière organique provenant des pommes de terre. Il se forme un dépôt tout à fait semblable par sa nature et son aspect, dans les chaudières du puits de la Garenne, ouvert sur le prolongement du puits Saint-Nicolas. La machine de la force de 16 chevaux est desservie par deux chaudières cylindriques sans bouilleurs, terminées par des plaques en fonte planes, et accolées dans le même fourneau. Les deux chaudières sont mises en communication à leur extrémité postérieure par un manchon en fonte, de $0^m,20$ de diamètre, placé transversalement au-dessous des chaudières et en dehors du foyer; deux tubes coudés, en fonte, viennent réunir la partie inférieure de chaque chaudière avec ce tube.

La pompe alimentaire vient aboutir dans l'une des extrémités de ce manchon. Il résulte de cette disposition vicieuse que le dépôt pulvérulent, maintenu en suspension dans la chaudière par l'ébullition

de l'eau, s'amoncèle dans le manchon où il cesse d'être agité et où il se dépose. L'eau injectée, d'une manière discontinue, par la pompe alimentaire, le refoule à l'une des extrémités, où il finit par s'entasser et intercepter la communication. La chaudière la plus éloignée de l'extrémité où aboutit la pompe alimentaire s'est déjà vidée et a rougi plusieurs fois par suite de cette disposition et de l'abondance du dépôt qui s'y forme. Cet effet s'est produit une fois au bout de 12 jours.

4° EXAMEN DES ENCROÛTEMENTS.

La nature des dépôts endurcis qui adhèrent fortement aux parois des chaudières est presque constante; lorsqu'ils ne sont pas formés par du carbonate de chaux, ce qui a lieu lorsque les eaux sont chargées d'acide carbonique et de carbonate de chaux, ils sont presque entièrement composés de sulfate de chaux mélangé des substances pulvérulentes qui se déposent en même temps dans les chaudières.

A. *Chaudière du Cordon-Bleu.* Dans cette chaudière, le tartre se détache en plaques minces de 1 à 2 millimètres au plus d'épaisseur; il est légèrement fibreux, rouge dans la cassure avec quelques zones blanches. Il ne se forme d'une manière bien sensible qu'après 15 jours de marche.

Il contient :

Sulfate de chaux. .	0,866
Peroxyde de fer. . .	0,090
Alumine.	0,004
Eau.	0,014
	0,988

B. *Chaudières de la Gravelle*. Les chaudières ne marchent que 6 à 7 jours de suite, et il ne se forme qu'une petite quantité de tartre : il est rougeâtre, quelquefois blanc. Lorsque la machine a été montée et mise en feu pour la première fois, en 1838, on n'avait pas songé que les eaux formeraient un dépôt abondant, et qu'il serait nécessaire de nettoyer très-fréquemment la chaudière. Au bout de trois mois, il s'était formé une croûte saline de plusieurs centimètres d'épaisseur dans les bouilleurs, et l'un d'eux fut brûlé. Ce dépôt, dont un échantillon m'a été remis un an après, était compacte, d'un rouge de brique peu foncé dans la cassure; exposé à l'air humide, il absorbait l'eau, se gerçait et se fendillait en se gonflant. Pour faire l'analyse, on l'a desséché à la température d'environ 50°.

Il contient :

Sulfate de chaux.	0,376
Sulfate de magnésie.	0,288
Sulfate de protoxyde de fer. .	0,086
Sulfates de nickel et de cobalt.	0,021
Peroxyde de fer.	0,030
Alumine.	0,004
Sulfates et chlorures alcalins.	trace.
Silice gélatineuse.	trace.
Eau par différence.	0,195
	1,000

Après cet accident, on nettoya les chaudières tous les 8 ou 10 jours. Un échantillon de tartre, formé en 1839, après 8 jours de marche, contient :

Sulfate de chaux.	0,848
Sulfate de magnésie.	0,034
Sulfates de protoxyde de fer, de cobalt et de nickel.	traces.
Peroxyde de fer et alumine. . .	0,064
Sable et argile.	0,014
Eau par différence.	0,054
	1,000

C. *Chaudières des Grands-Carreaux*. On met ordinairement dans ces chaudières des pommes de terre, des pois secs ou des crottins de cheval. On les vide fréquemment, et il ne se forme pas une quantité notable de tartre.

D. *Chaudières de la Pouëze*. Le tartre n'a pas été examiné.

E. *Chaudières de la Bazouge*. Le tartre a le même aspect dans les deux chaudières, il est blanc, amorphe; son épaisseur varie de 1 à 2 millimètres : il n'a pas été analysé. Les caractères sont semblables à ceux de tous les dépôts qui se forment dans les mêmes circonstances.

F. *Machine à vapeur de Montjean, puits Saint-Nicolas*. Le cylindre de cette machine est disposé horizontalement sur une bâche dans laquelle l'eau est chauffée par la vapeur qui a fait son effet. Après 18 mois de marche, on s'est aperçu que la pompe alimentaire qui est enveloppée dans cette bâche était obstruée; en démontant la bâche, on trouva sur les parois et sur la pompe alimentaire une concrétion de 3 à 4 centimètres d'épaisseur, formée de feuillets très-minces, suivant les contours des parois métalliques et mamelonnée sur la surface extérieure. Cet encroûtement est presque entièrement formé de

carbonate de chaux et de carbonate de magnésie. On observe dans la mine de Montjean qu'il se dégage spontanément de l'acide carbonique qui remplit les bures ou puits inclinés creusés au-dessous des voies de roulage ; cet acide, en se dissolvant dans l'eau, maintient en dissolution des carbonates de chaux et de magnésie, dont l'origine sera expliquée plus loin. Dans la bâche, l'eau en s'échauffant abandonne son acide carbonique, et les carbonates se déposent. Ce fait obligera tôt ou tard à changer la disposition de la bâche, qui ne peut être que difficilement nettoyée, et à la remplacer par une bâche ouverte.

Ce dépôt contient :

Carbonate de chaux.	0,766
Carbonate de magnésie.	0,166
Sulfate de chaux.	0,022
Résidu inattaquable.	0,012
Eau, matières grasses et perte. .	0,034
	1,000

On retrouve ces carbonates en quantité notable dans le dépôt pulvérulent.

Je n'ai pas eu l'occasion d'examiner le tartre qui se forme dans cette chaudière, mais au puits de la Garenne, qui se trouve dans les mêmes conditions, le tartre, au bout d'un mois, se présente en plaques fibreuses d'un beau blanc, et de 2 à 3 millimètres d'épaisseur ; il renferme une quantité notable de carbonate, et fait effervescence avec les acides ; le dépôt pulvérulent fait de même effervescence. L'eau ne séjourne pas assez dans la bâche, ou bien n'y est pas assez fortement chauffée, pour que tout l'acide carbonique soit chassé.

Le tartre de la Garenne présente une ressem-

blance frappante avec le suivant, quant à ses caractères extérieurs.

G. *Chaudières des bateaux à vapeur du Havre à Hambourg*. Indépendamment du dépôt non adhérent de sel marin que produit l'eau de la mer, elle forme sur les parois des chaudières une croûte très-dure, qui atteint rapidement quelques millimètres d'épaisseur; elle est formée de lames cristallines accolées qui donnent une texture fibreuse. Un échantillon de ce tartre, recueilli en 1839 au Havre, a donné :

Sulfate de chaux.	0,848
Sulfate de magnésie. . . .	0,006 (douteux.)
Magnésie.	0,070
Chlorure de sodium. . . .	traces.
Peroxyde de fer et alumine.	traces.
Eau combinée.	0,068
	0,992

En faisant abstraction de la magnésie, on trouve que ce dépôt est formé par un sulfate de chaux qui, par rapport au gypse, aurait perdu près des deux tiers de son eau. La magnésie est en grande partie, sinon en totalité, à l'état libre.

DEUXIÈME PARTIE.

Des réactions qui ont lieu dans les chaudières.

Les résultats analytiques rapportés dans la première partie de ce mémoire donnent immédiatement la clef des réactions qui se produisent dans les chaudières (1), au contact du métal dont elles

(1) Il n'est question ici que des chaudières en fer ou des chaudières de cuivre dans la composition desquelles

sont formées et des eaux corrosives qui les remplissent.

Les eaux extraites des mines et des carrières, dans lesquelles les roches sont imprégnées de pyrites qui se décomposent au contact de l'air, ont, quant à la nature de leurs éléments, une composition constante que l'on peut formuler d'une manière générale en disant qu'elles contiennent :

Des sulfates { d'alumine, de peroxyde de fer, de protoxyde de fer, de nickel et de cobalt, de chaux, de magnésie, de potasse et de soude. }
des chlorures alcalins,
de la silice gélatineuse.

Elles contiennent sans doute aussi des sels ammoniacaux qu'il était inutile de rechercher pour l'objet que je me proposais.

Quelques-unes de ces substances, en *particulier* les chlorures, peuvent résulter en partie du séjour des hommes dans les exploitations, et du voisinage des habitations; mais elles doivent principalement leur origine aux pyrites qui accompagnent toujours en quantité plus ou moins considérable les roches des terrains à combustible et les schistes ardoisiers. Sous l'action combinée de l'air et de l'eau, ces pyrites s'effleurissent, donnent des sulfates et de l'acide sulfurique qui réagit énergiquement à l'état naissant sur les roches voisines, et en dissout les éléments. Dans tous les cas que j'ai eu occasion d'examiner, et j'ai la conviction qu'il en est toujours

---

il entre du fer; je n'ai pas encore eu l'occasion d'examiner des chaudières entièrement en cuivre.

de même, tout l'acide sulfurique en excès qui résulte de la décomposition des pyrites est saturé, soit par les bases des roches décomposées, soit par les carbonates terreux qu'il rencontre, soit enfin par suite de la transformation du protoxyde de fer en peroxyde de fer au contact de l'air. Ce fait résulte des expériences directes que j'ai rapportées plus haut; il résulte également de la composition des eaux prise dans son ensemble. En prenant pour exemple l'eau de la mine de la Bazouge, on voit qu'elle renferme par litre une quantité totale d'acide sulfurique égale à 2gr.328. En faisant abstraction de la proportion certainement très-faible de sulfates dont l'origine est due au séjour des ouvriers dans la mine, la presque totalité de l'acide sulfurique doit résulter de la décomposition des pyrites de fer. Or, la décomposition des pyrites, en supposant qu'il n'y ait pas suroxydation immédiate d'une partie de protoxyde de fer formé, doit donner un équivalent de sulfate de protoxyde de fer et un équivalent d'acide sulfurique libre; pour retrouver dans l'eau extraite au jour de l'acide sulfurique libre, il faudrait y trouver plus d'acide sulfurique combiné avec les oxydes de fer qu'avec les autres bases, tandis que c'est le contraire qu'on observe. L'eau de la mine de la Bazouge contient trente fois plus d'acide combiné avec l'alumine, la chaux, la magnésie, etc., qu'avec les oxydes de fer. L'acide sulfurique libre résultant de la formation des pyrites réagit donc sur les roches environnantes et se sature très-rapidement; le sulfate de protoxyde passe ensuite, pour la plus grande partie, à l'état de sous-sulfate de peroxyde qui se précipite et reste dans la mine; aussi voit-on toujours dans les mines, les sources qui coulent dans

les galeries laisser des traînées de rouille sur les parois du rocher. Ce fait ne peut se produire qu'autant que l'eau ne renferme plus d'acide sulfurique libre; il suffirait à lui seul pour démontrer que les eaux qui sortent des mines sont chimiquement neutres, si l'on objectait à la preuve déduite de la composition des eaux qu'il peut exister des sulfates solubles tout formés dans les roches (1). Dans les carrières d'ardoises d'Angers, la présence du cobalt et du nickel dans les eaux, indique que le schiste ardoisier renferme entre ses feuillets des arsénio-sulfures qui s'effleurissent comme les autres pyrites; il doit en résulter de l'acide arsénique qui resterait en dissolution à la faveur de l'acide libre, s'il en existait dans l'eau, et passerait dans les dépôts avec le peroxyde de fer; l'emploi de l'appareil de Marsh ne m'a pas montré la plus légère trace d'arsenic dans

(1) Je citerai à cette occasion un fait remarquable, qui cependant ne me paraît pas suffisant pour rendre cette objection plausible. J'ai recueilli en 1840, dans une chaudière du puits du Bocage de la mine de Layon-et-Loire, une croûte saline de 2 à 3 centimètres d'épaisseur qui s'était formée à la surface de l'eau; elle était composée de cristaux parfaitement limpides de sulfate de soude. Cette masse cristalline est tombée au bout de quelque temps en efflorescence. Elle se dissout complétement dans de l'eau sans laisser de résidu, et donne, lorsqu'on la traite par un acide, une effervescence très-marquée. Elle renferme donc un carbonate alcalin, le carbonate de soude; on y reconnaît aussi la présence d'une petite quantité de chlorure de sodium. Pour qu'on rencontre ainsi du carbonate de soude dans la masse cristalline, il faut que les eaux mères en contiennent une quantité très-notable; le sulfate de soude lui-même, dont les eaux sont chargées, doit pour la plus grande partie son origine à la réaction du carbonate de soude sur les sulfates de fer, d'alumine, de chaux

le dépôt ocreux de la chaudière de la Gravelle. Ces eaux réagissent d'une manière très-sensible sur la teinture de tournesol; elles doivent cette propriété aux sels de peroxyde de fer et d'alumine qui conservent la réaction acide. L'emploi du papier de tournesol est un moyen très-simple pour apprécier la qualité d'une eau qui n'aurait pas encore été employée au service des machines à vapeur, et dont les propriétés destructives ne seraient pas encore connues.

Les eaux corrosives qui détruisent souvent avec tant de rapidité les chaudières en tôle de fer n'étant pas acides, il faut chercher ailleurs l'élément destructeur. En jetant les yeux sur les analyses d'eaux concentrées dans les chaudières, on voit qu'elles ne renferment plus ni *alumine*, ni *peroxyde de fer*; qu'elles sont chargées, au contraire, de sulfate de protoxyde de fer qui, dans certains cas,

---

et de magnésie, puisque ces bases ne peuvent rester en dissolution en présence du carbonate de soude. Tout concourt donc à démontrer l'existence du carbonate de soude en assez grande quantité dans la mine; la proportion en paraît trop grande pour qu'on puisse l'attribuer seulement au séjour des hommes; on ne peut expliquer ce fait qu'en supposant que certaines roches en sont imprégnées. L'existence du carbonate de soude dans les roches du terrain houiller des bords de la Loire paraît un fait assez général; sa présence dans les eaux de la mine de Montjean expliquerait bien la formation du dépôt de carbonate de chaux et de magnésie dans la bâche de la machine de Saint-Nicolas, et l'absence complète des sulfates d'alumine et de fer dans l'eau de la mine. Le carbonate de soude serait en proportion telle qu'après avoir précipité l'alumine et les oxydes de fer, il précipiterait une partie de la chaux et de la magnésie qui seraient retenues en dissolution par l'acide carbonique dont j'ai déjà signalé la présence dans cette mine.

n'existait pas dans l'eau d'alimentation; les dépôts qui se forment dans les chaudières et qui restent en suspension dans l'eau, ou s'attachent aux parois des bouilleurs, contiennent du peroxyde de fer et de l'alumine à l'état d'oxydes (peut-être à l'état de sous-sulfates dans les dépôts jaunes de la Gravelle et de la Bazouge). Il en résulte donc, d'une manière bien claire, que l'action corrosive est exercée par les sulfates d'alumine et de peroxyde de fer : sous l'influence de la haute température à laquelle l'ébullition a lieu, et qui dans les exemples que j'ai traités n'est jamais inférieure à 128° c. en présence du fer métallique, les sulfates de peroxyde de fer et d'alumine sont décomposés en oxydes qui se précipitent, et en acide sulfurique qui exerce, à l'état naissant, son action sur le fer, le dissout à l'état de sulfate de protoxyde avec dégagement d'hydrogène. La chaudière perd donc une quantité de métal équivalente à la quantité de sulfates de peroxyde de fer et d'alumine contenus dans l'eau, et proportionnelle à la quantité d'eau consommée (1).

Il semblerait, au premier abord, que là doit se borner l'action nuisible de ces sels; mais dans beaucoup de cas, la présence dans l'eau du sulfate de protoxyde de fer, résultant de ces réactions ou amené avec l'eau d'alimentation, devient une nou-

(1) Parmi ces réactions, la plus remarquable est celle du sulfate d'alumine; M. Berthier l'a très-nettement indiquée dans son mémoire *Sur le magistral employé pour traiter le minerai d'argent d'Huelgoeth*, Analyses de substances minerales, travaux de 1837, page 289. Les analyses rapportées plus haut montrent qu'à une température plus élevée la réaction a lieu d'une manière plus complète, puisque le dépôt ne renferme plus que de l'alumine libre.

velle cause de ruine pour les chaudières. L'eau d'alimentation renferme toujours en dissolution une quantité d'air plus ou moins considérable; en arrivant dans la chaudière l'eau abandonne cet air dont l'oxygène réagit immédiatement sur le sulfate de protoxyde de fer, et transforme le protoxyde en peroxyde qui ne peut rester à l'état de sulfate en présence du fer métallique; de là précipitation du peroxyde de fer et dissolution d'une nouvelle quantité de fer métallique par l'acide sulfurique qui a déjà réagi; une quantité donnée d'acide sulfurique peut ainsi enlever à la chaudière plusieurs fois son équivalent de fer métallique. Cette réaction a lieu d'une manière très-marquée dans la chaudière du *Cordon-Bleu* où l'alimentation est faite avec de l'eau *froide* puisée à la surface d'une vaste carrière où l'eau doit être saturée d'oxygène; quoique cette eau ne renferme qu'une trace à peine sensible de sulfate de peroxyde de fer, le dépôt est le plus ferrugineux que j'aie jamais rencontré, il renferme près de 20 p. 0/0 de peroxyde de fer. Pour éviter autant que possible cet effet, il est nécessaire d'employer l'eau de la pompe à air lorsque la machine est à basse ou moyenne pression, ou de chauffer longtemps et fortement l'eau dans une bâche avant de l'introduire dans la chaudière. Dans les chaudières des *Grands-Carreaux* on emploie l'eau de condensation, et de plus l'eau renferme du sulfate de protoxyde de fer qui exclut la présence de l'oxygène; le dépôt est beaucoup moins rouge qu'au Cordon-Bleu, quoique l'eau ait à peu près la même composition et soit même plus ferrugineuse. Dans les machines à haute pression que j'ai eu l'occasion d'examiner, je ne

crois pas que l'eau soit assez complétement chauffée pour chasser entièrement l'air, dans le cas où la présence du sulfate de protoxyde de fer dans l'eau n'exclurait pas celle de l'oxygène. Au Cordon-Bleu on apporterait déjà une grande amélioration au système actuel, en rétablissant l'alimentation avec l'eau de condensation, comme cela avait lieu au commencement (1).

On reproduit facilement en petit les réactions qui se passent dans les chaudières. Lorsqu'on fait bouillir pendant plusieurs heures, avec de la tournure de fer bien décapée l'eau de la carrière de la Gravelle dont l'analyse a été donnée plus haut, et qui renferme une quantité notable de sulfate de peroxyde de fer sans trace de protoxyde, la liqueur ne donne plus qu'un précipité blanc légèrement opalin par le prussiate jaune de potasse, et donne, au contraire, un abondant précipité bleu par le prussiate rouge; il se forme en même temps un dépôt ocreux. Le sulfate de peroxyde de fer préparé de toutes pièces donne les mêmes résultats. L'alun, bien neutralisé par plusieurs cristallisations, par une ébulli-

---

(1) En admettant que l'eau du Cordon-Bleu renferme 0,035 de son volume d'air à 30 p. 0/0 d'oxygène, elle contiendrait par mètre cube $11^{lit.},2 = 16$ gr. d'oxygène. Or 16 gr. d'oxygène en peroxydant le protoxyde donnent 156 gr. de peroxyde; en admettant une consommation de 3 m. cubes d'eau par douze heures, le fait seul de l'introduction d'eau chargée d'air donnerait par jour 468 gr. de peroxyde de fer, soit par mois de vingt-cinq jours de travail $11^{kil.},7$, équivalant à fer métallique $8^{kil.},11$. Ce résultat s'accorde assez bien avec les faits observés, puisqu'on évalue à 50 kil. le poids du dépôt et qu'il renferme 20 p. 0/0 de peroxyde de fer, soit 10 kil.

tion prolongée sur le fer métallique, laisse déposer du sous-sulfate d'alumine, et il se forme du sulfate de protoxyde de fer. Mais il manque dans ces opérations deux éléments importants, la température et le temps, et par suite il se produit des sous-sulfates au lieu d'oxydes.

Dans les chaudières de cuivre, s'il entre du fer dans leur composition, et que ce fer soit en contact avec l'eau, les réactions sont exactement les mêmes que dans une chaudière de fer. Lorsqu'elles ne renferment pas de fer ou que tout le fer a été consommé, les réactions doivent être nulles. Il n'est pas probable que le sulfate d'alumine soit décomposé; le sulfate de peroxyde de fer seulement est peut-être ramené au minimum par le cuivre métallique avec formation de sulfate de deutoxyde de cuivre. Une température de 153° c. dans les machines timbrées à cinq atmosphères détermine peut-être cette réaction que je n'ai pas obtenue à 100°.

Je le répète, je n'ai pas encore eu l'occasion d'examiner des chaudières de cuivre sans fer.

TROISIÈME PARTIE.

Des moyens préservatifs.

Dans beaucoup de cas, l'action des eaux qui ne sont pas corrosives à un très-haut degré, aurait peu d'inconvénients, si elle s'exerçait d'une manière uniforme sur toute la chaudière. L'épaisseur des parois étant en général beaucoup plus grande qu'il ne faut, il y aurait un amincissement graduel de la tôle, et les chaudières pourraient encore durer de longues années. Mais il n'en est

pas ainsi, l'action de l'eau corrosive s'exerce par places. Les parties de la chaudière en contact permanent avec l'eau sont seules attaquées d'une manière notable; les parois du réservoir de vapeur restent sensiblement intactes; de même la partie inférieure des bouilleurs qui se recouvre toujours d'un dépôt fortement adhérent de sulfate de chaux, se trouve moins attaquée que leur partie supérieure. Indépendamment de ces causes, il paraît que des différences de température, des différences de nature dans le métal qui compose la chaudière donnent à l'action corrosive plus d'intensité sur des points particuliers... Dans la chaudière de la carrière d'ardoises d'Avrillé, près d'Angers, qui a fait explosion en avril 1840, la partie inférieure des bouilleurs et la moitié supérieure de la chaudière étaient intactes, *toute* la moitié inférieure de celle-ci avait perdu en dix-huit mois les $\frac{4}{9}$ de son épaisseur; dans le voisinage des tubes de communication des bouilleurs, au point où aboutissait le tuyau d'alimentation, la tôle avait été réduite à 1 mill. d'épaisseur; les tubes de communication avaient été eux-mêmes fortement attaqués. Enfin les portions des feuilles de tôle auxquelles étaient rivées les quatre oreilles destinées à faire porter le poids de la chaudière sur la maçonnerie du fourneau, étaient considérablement amincies. On observe généralement que ce sont les tubes de communication et les parties qui les avoisinent qui sont le plus rapidement détruites; les calottes éprouvent également une grande altération. A la carrière des Grands-Carreaux, il y a quelques années, la calotte antérieure d'une chaudière s'est détachée pendant que la machine était au repos, à l'heure du déjeuner

des ouvriers; elle a été projetée avec violence, a tué le chauffeur sur son passage et traversé ensuite un mur épais; on a toujours attribué cet accident à l'action corrosive de l'eau et à l'amincissement de la tôle dans le point où la déchirure s'est faite. Les rivets paraissent aussi se détruire plus rapidement que la tôle. Je n'ai pas eu l'occasion d'examiner des chaudières alimentées par des eaux corrosives et faites partie en tôle, partie en fonte; sans aucun doute cet assemblage doit produire un fâcheux effet. Quelle que soit la cause de cette inégalité d'action, elle doit être considérée comme un fait constant et rend encore bien plus nuisible l'action des eaux corrosives.

La destruction des chaudières, indépendamment des dépenses considérables et des pertes de temps qu'elle occasionne, peut être une source très-grave d'accidents. Le plus souvent, lorsque la tôle n'a plus assez d'épaisseur pour résister, il se fait une petite fente, et la fuite qui se déclare annonce qu'il faut réparer la chaudière (1). Mais il peut arriver aussi que la chaudière soit corrodée de telle façon, qu'une fente ou plusieurs fentes se fassent à la fois sur une grande longueur, et que le reste de la tôle n'offrant plus une résistance suffisante, il y ait rupture de la chaudière, avec projection de ses parties, sous une tension de la vapeur qui ne serait pas supérieure à la charge des soupapes de sûreté. C'est ainsi que M. Combes explique, avec

(1) Pour faire cette réparation, on coupe la partie usée et l'on met une pièce; on a essayé quelquefois de réparer les chaudières en tôle de fer en y mettant des pièces et des rivets en cuivre, mais il se forme alors une véritable pile galvanique, et la tôle se détruit plus rapidement encore dans le voisinage du cuivre.

beaucoup de probabilité l'explosion d'Avrillé, c'est ainsi bien certainement qu'a eu lieu l'explosion des Grands-Carreaux. C'est donc avec raison que la commission des machines à vapeur propose d'inscrire, dans la législation des machines à vapeur, des conditions préservatrices contre les accidents de ce genre. Mais je crois qu'il n'est pas nécessaire de prohiber complétement l'emploi des machines à vapeur à haute pression alimentées par des eaux corrosives, et de n'autoriser dans ce cas que l'établissement des machines à haute pression consommant de l'eau distillée ou des machines à très-basse pression. Imposer cette condition, ce serait mettre un obstacle très-grand à l'exploitation des mines qui n'auraient pas assez d'eau pour condenser la vapeur, et qui ne pourraient employer pour l'alimentation que l'eau tirée des puits. Ce serait en même temps imposer une condition onéreuse aux mines qui, ayant une quantité d'eau suffisante, devraient supporter des frais d'entretien plus considérables, puisque la perte du métal dépend de la quantité d'eau consommée.

Il est facile de voir, en se reportant aux réactions qui ont lieu dans les chaudières, que l'on peut sans difficulté les préserver de l'action corrosive de l'eau; la seule condition réglementaire que l'on puisse imposer aux machines à haute pression alimentées par des eaux corrosives, est de neutraliser complétement ces eaux. Cette condition serait d'une exécution facile et toujours avantageuse pour l'exploitation; elle serait également d'une vérification facile.

Lorsque sur une mine ou sur une carrière dont les eaux seront corrosives, il y aura possibilité, même en faisant une dépense notable de force,

d'aller emprunter à une rivière, à un étang ou même à des puits, des eaux douces exemptes de sels de peroxyde de fer, d'alumine et de sulfate de chaux, on devra toujours se décider à faire les frais d'installation et la consommation de force nécessaire. Il vaudra mieux souvent augmenter la dépense de combustible, surtout sur les mines où il est à vil prix, et se rendre indépendant des moyens de préservation que j'indiquerai plus loin, et de la surveillance qu'ils nécessiteront, éviter enfin les nettoyages fréquents qu'exigent toujours les eaux chargées de sulfate de chaux. Pour les mêmes motifs, toutes les fois que l'eau de la mine sera dans toutes les saisons assez abondante pour la condensation, je conseillerai l'emploi d'un condenseur fermé dans lequel la vapeur sera condensée et reprise par la pompe alimentaire pour être renvoyée à la machine, quelque complication qu'il doive en résulter dans la construction de la machine, pour l'installation de grands réservoirs destinés à contenir l'eau d'épuisement, et de citernes destinées à recueillir l'eau douce nécessaire pour réparer les pertes d'eau et de vapeur. Le condenseur que M. Baisley adapte à ses machines remplirait très-bien ce but; on peut du reste combiner bien des dispositions qui conduiraient au même résultat. En dernier lieu je conseillerais l'emploi des chaudières de cuivre battu, dans le cas tout à fait exceptionnel ou l'eau ne serait chargée que de sulfate d'alumine et de fer, sans sulfate de chaux. Ces chaudières pourraient alors rendre de grands services; elles seraient à la vérité très-coûteuses de premier établissement, mais elles auraient une très-longue durée, et leurs débris conserveraient encore une grande valeur.

On estime qu'une chaudière de cuivre coûte de premier achat deux fois autant qu'une chaudière de fer, et que, dans les circonstances ordinaires, elle dure deux fois plus longtemps; lorsqu'elle est mise hors de service elle ne doit pas avoir perdu plus du tiers de son poids, et doit avoir encore au moins le tiers de sa valeur. Si les chaudières de cuivre devaient être entièrement à l'abri de l'action corrosive des eaux, et si ces eaux ne donnaient qu'un très faible dépôt de sulfate de chaux, elles auraient un avantage marqué; mais un défaut d'homogénéité dans le métal peut en déterminer sa destruction rapide, comme cela s'observe pour certains cuivres employés dans le doublage des vaisseaux, et dans la construction des pompes destinées à l'épuisement des eaux vitrioliques, qui se détruisent et se criblent de petits trous quelquefois dans un temps très-court. J'ai supposé en outre que les eaux corrosives étaient sans action sur le cuivre pur, ce qui ne m'est pas démontré par l'expérience directe; si l'action corrosive s'exerçait d'une manière sensible, il faudrait employer le fer métallique comme moyen préservatif; on parviendrait facilement et économiquement, en employant la ferraille, mais on retomberait alors dans une partie des inconvénients qu'il importe d'éviter. J'ai fait enfin une hypothèse toute gratuite en supposant que les eaux ne renfermaient pas de sulfate de chaux en quantité notable; les faits que j'ai rapportés et discutés plus haut montrent que toutes les fois que des eaux de mine renferment encore des sulfates d'alumine et de fer, elles doivent tenir en dissolution une grande quantité du sulfate de chaux. Il se forme alors des dépôts abondants et du tartre qui adhèrent aux parois de

la chaudière et qui nécessitent de fréquents nettoyages ; les bouilleurs sont bien plus exposés à fondre et à brûler que dans les chaudières en tôle ; le métal, étant plus mou, est plus facilement dégradé sous le choc des outils qu'il faut employer pour arracher le tartre.

En réalité, sous l'influence de ces causes générales, l'avantage des chaudières de cuivre, comparées aux chaudières de tôle préservées par les moyens que je vais indiquer, me paraît très-douteux (1).

Dans tous les cas où il sera impossible d'amener des eaux douces à la machine, où l'eau d'alimentation sera en quantité insuffisante pour la condensation, et où l'emploi des chaudières de cuivre ne présentera pas d'avantage réel économique, les eaux devront être neutralisées ; ces cas se reproduisent assez fréquemment pour exiger une étude spéciale.

Le problème à résoudre consiste à trouver une

---

(1) Lorsqu'une machine est desservie par deux chaudières qui marchent alternativement, on peut employer, pour détruire l'adhérence du tartre, un moyen très-simple dont j'ai eu l'occasion de constater l'efficacité dans un cas particulier ; il consiste à vider rapidement la chaudière, lorsqu'on arrête la machine, et à balayer les bouilleurs pendant que le foyer est encore chaud : le tartre éprouve alors une véritable cuisson. En remplissant ensuite les bouilleurs d'eau froide, et les maintenant pleins pendant quelques jours, le sulfate de chaux se gonfle en absorbant de l'eau, et se dissout en partie ; il perd son adhérence et se lève facilement en grandes plaques sous le choc des outils. On peut aussi, lorsque les bouilleurs sont encore chauds, y projeter de l'eau froide L'emploi de ces moyens peut être très-utile lorsque ces bouilleurs sont d'un petit diamètre et d'une grande longueur, ce qui empêche de les nettoyer jusqu'au fond et les expose à recevoir des coups de feu.

substance peu coûteuse, qui décompose complétement et avec facilité les sulfates d'alumine et de peroxyde de fer, sans décomposer les sels terreux et en particulier le sulfate de magnésie, une substance, en un mot, qui sature tout l'acide sulfurique nuisible et ne sature que lui, de telle sorte que la consommation de réactif soit la plus petite possible, et qu'il se forme le précipité le plus faible possible. La craie pure ou le blanc d'Espagne que l'on trouve partout à bas prix dans le commerce satisfait exactement à toutes ces conditions. A la température de l'ébullition, elle décompose facilement le sulfate de peroxyde de fer et d'alumine, précipite tout le peroxyde de fer et toute l'alumine, et forme avec l'acide sulfurique du sulfate de chaux, en laissant les autres sels intacts. En employant la craie à l'état de blanc d'Espagne, il suffit d'en mettre dans la chaudière, au moment où on la remplit, la quantité nécessaire pour toute la durée de la marche de la machine; dès qu'elle est en contact avec l'eau, elle fuse et se réduit en bouillie; lorsque l'eau est en ébullition, elle se tient en suspension et ne peut rester adhérente aux parois des chaudières et des bouilleurs. Dans chaque cas particulier la quantité de craie à mettre dans la chaudière pourra être facilement déterminée par tâtonnement; après avoir mis une première dose déterminée approximativement d'après la nature de l'eau, et la consommation de vapeur, on l'augmentera, ou bien on la diminuera jusqu'à ce qu'il n'y en ait plus qu'une faible proportion en excès dans le résidu boueux qui reste dans les bouilleurs; il est facile de reconnaître la présence de la craie dans le dépôt, en examinant s'il fait effervescence

avec les acides. Un essai du même genre pourra servir à maintenir la dose de craie en rapport avec les variations que l'eau éprouve toujours dans sa nature, en raison des saisons et de l'abondance des pluies. Si par suite d'une disposition vicieuse de la chaudière et de la machine, la vapeur entraîne mécaniquement une quantité d'eau très-grande, il vaudra mieux introduire à des intervalles de temps plus ou moins rapprochés la dose de craie nécessaire; on évitera ainsi de rendre dès le commencement l'eau très-vaseuse et de perdre une quantité très-notable de la craie qu'elle tiendrait en suspension.

Dans la plupart des cas, il sera plus économique de faire venir immédiatement des lieux d'exploitation la craie brute, et d'en faire le lavage au moment de l'introduire dans la chaudière. Ce lavage est nécessaire pour séparer des particules crayeuses le sable fin qui peut s'y trouver mélangé; la craie de Meudon en renferme quelques centièmes. La craie exploitée dans les environs de Paris est livrée au commerce à trois états différents : 1° telle qu'elle sort de la carrière, sous le nom de *blanc naturel*, et au prix de 7 à 8 fr. les 1000 kilogrammes; 2° lavée une fois et au prix de 9 à 10 fr. les 1000 kilogrammes; 3° lavée deux fois et façonnée en petits pains, et au prix de 4 fr. à 5 fr. 50 c. les 250 kilogrammes encore humides. Cette dernière variété reviendrait à Angers environ à 4 fr. les 100 kilogrammes secs, le blanc lavé une fois reviendrait environ à 3 fr.; cette qualité, après deux nouveaux lavages, ne contiendrait plus assez de sable pour que sa présence dans l'eau pût occasionner des dégradations dans le cylindre et les tiroirs. La craie de

Champagne, qui sert à faire les crayons, est beaucoup plus pure que la craie de Meudon, et paraît même entièrement exempte de sable; mais elle est plus dure et devrait être désagrégée par un broiement sous l'eau; elle est également d'un prix plus élevé dans le commerce. Dans beaucoup de localités, enfin, on trouvera des calcaires crayeux qui pourront suppléer avantageusement à la craie de Meudon; dans les environs d'Angers, à Saint-Clément de la Place, et à Sceaux, on trouve une marne presque entièrement calcaire, appartenant à la formation des fabluns, qu'on exploite pour l'amendement des terres et pour la fabrication de la chaux; par un simple lavage on pourrait l'obtenir aussi divisée et aussi pure que la craie de Meudon. Sur les carrières d'ardoises d'Angers, la marne de Saint-Clément de la Place reviendrait au plus à 80 c. les 100 kilogrammes, prête à mettre dans la chaudière; à Laval elle reviendrait environ à 2 fr.; elle conserverait encore un grand avantage sur la craie de Meudon, qui devrait être transportée par eau jusqu'à Angers et aurait ainsi le même point de départ. Cette discussion de prix est du reste assez peu importante, car la dépense annuelle pour la consommation d'une machine ne sera jamais qu'une fraction très-petite des frais que la neutralisation ferait économiser.

On peut objecter que l'emploi d'une substance calcaire aura pour résultat d'augmenter la proportion de chaux contenue en dissolution dans l'eau, et d'augmenter l'abondance des dépôts et l'épaisseur du tartre; cette objection peut être juste, mais elle est applicable à toutes les substances calcaires qu'on emploiera dans le même but, et

ce sont les seules dont l'usage soit économique; la craie conservera sur elles l'avantage de donner la quantité minimum de sulfate de chaux, puisqu'elle ne sature que l'acide sulfurique nuisible; en outre, il *est probable* que la craie, substance insoluble et très-ténue, jouera dans les chaudières le même rôle que l'argile qu'on emploie généralement avec succès pour rendre l'eau trouble, et gêner la cristallisation du sulfate de chaux (1), le rôle que joue probablement lui-même le dépôt de sulfate de chaux pulvérulent et d'oxyde de fer très-divisé qui se forme dans la chaudière, et qui doit au bout d'un certain temps empêcher la formation du tartre (2).

On a essayé d'employer la chaux vive pour neutraliser les eaux corrosives, mais je ne crois pas que son emploi se soit généralisé. Elle présente un grave inconvénient, c'est d'être soluble et soluble seulement en très-petite quantité dans l'eau; elle est par suite éminemment propre à former des encroûtements dans les chaudières; c'est là sans doute ce qui a empêché son emploi de se propager. Elle donne en outre un dépôt beaucoup plus considérable, car si on l'emploie en excès, ce qui est inévitable; elle précipite tous les oxydes métalliques et la magnésie qui paraît

(1) Je n'ai pu jusqu'ici faire qu'un essai incomplet de huit jours sur l'emploi de la craie dans la chaudière du Cordon-Bleu; on n'a pas remarqué que le tartre fût plus abondant qu'à l'ordinaire.

(2) Dans le mémoire déjà cité, page 288, M. Berthier a proposé d'employer la craie pour décomposer un excès de perchlorure de fer que l'on obtiendrait dans une modification qu'il propose dans le procédé d'amalgamation de Huelgoëth.

elle-même être une substance incrustante ; elle se précipite elle-même à l'état de sulfate de chaux avec l'acide sulfurique des bases qu'elle a isolées. Elle doit enfin, lorsqu'elle est entraînée avec l'eau par la vapeur, saponifier les graisses de la machine et produire ainsi un effet très-nuisible. Le seul avantage de la chaux serait une économie journalière de quelques centimes. Dans tous les cas, en employant la chaux, on doit l'introduire dans la machine à doses très-petites et en excès aussi petit que possible ; on doit enfin l'associer avec une substance destinée à combattre la formation du tartre. C'est ainsi que M. de Sénarmont l'a fait employer avec succès, aux mines de Decazeville, mélangée avec de l'argile très-fine ; il n'a pas remarqué que les encroûtements aient été plus considérables. Le mode d'emploi de la chaux le moins convenable consisterait à mettre un grand excès de chaux dans les bassins de dépôt où l'eau séjourne à la sortie de la mine, à laisser déposer et à décanter ensuite l'eau dans un second bassin où la pompe alimentaire viendrait la puiser. L'eau ne contiendrait plus alors en dissolution que de la chaux caustique, du sulfate de chaux et des sels alcalins, et serait dans tous les cas saturée de chaux et de sulfate de chaux ; elle serait dans la condition la plus favorable pour former des encroûtements. En combattant ici l'emploi de la chaux, je dois dire que je suis guidé seulement par des idées théoriques ; l'expérience comparative pourrait seule établir si la chaux mélangée d'argile, comme l'a employée M. de Sénarmont, et mise immédiatement dans la chaudière serait réellement inférieure à la craie. (Voir la note N.)

Dans quelques localités, dans la Mayenne par

exemple, on pourrait remplacer la chaux grasse par une chaux maigre faite avec la dolomie (1); elle renfermerait 42 p. 0/0 de magnésie et 38 p. 0/0 de chaux. En employant cette substance on aurait l'avantage de produire un dépôt moins considérable de sulfate de chaux, parce qu'à la fin de l'opération toute la chaux ayant été consommée, la neutralisation serait produite par la magnésie qui donnerait un sel soluble, et en outre l'excès du réactif ne donnerait pas lieu comme la chaux à un double précipité de magnésie et de sulfate de chaux.

On trouve assez abondamment dans les arts une substance à vil prix qui tiendrait le milieu entre la chaux et la craie, c'est la chaux en partie carbonatée que l'on obtient dans la fabrication des savons en caustifiant la soude. La fabrique de savon de la Morinière, près de Nantes, en produit journellement une grande quantité qui se vend difficilement à raison de 0f,25 l'hectolitre; cette matière se compose d'un mélange de carbonate de chaux et de chaux vive, elle retient encore une assez forte proportion de soude; il est facile de la délayer dans l'eau et de l'amener à l'état de bouillie. Indépendamment de son bas prix cette substance aurait sur la chaux l'avantage d'être en partie carbonatée. A la fin de l'opération si l'excès de réactif n'était pas considérable, il n'y aurait de précipité que l'alumine et le peroxyde de fer.

Sans employer cette matière, on pourrait la

(1) Il existe à Fresnay, dans la Sarthe, à la limite de la Mayenne, un gisement considérable de dolomie cristalline exploité pour la fabrication du sulfate de magnésie et des eaux gazeuses.

remplacer par la chaux qu'on amènerait à un état semblable en l'éteignant en poudre, et en la laissant exposée à l'air dans un endroit couvert ; au bout d'un temps suffisamment long, on pourrait même la carbonater complétement, et alors on reviendrait à un équivalent de la craie, en conservant en grande partie les avantages économiques de la chaux; la dépense de main-d'œuvre pour cette opération serait presque nulle, puisqu'on pourrait la faire exécuter à temps perdu par les chauffeurs.

Il paraît que dans quelques mines, on emploie la soude pour neutraliser les eaux; ce moyen est d'un succès assuré, mais il est tellement coûteux que dans aucun cas, même en supposant des eaux exemptes de sulfate de chaux, qui ne laisseraient aucun dépôt dans la chaudière, ce procédé ne peut l'emporter, sous le point de vue économique, sur l'emploi des matières calcaires; il y aura certainement toujours avantage à employer celles-ci, dût-on vider très-fréquemment les chaudières, et même au besoin établir des chaudières de rechange si les travaux ne peuvent souffrir aucune interruption.

A Birmingham, on a employé les eaux ammoniacales provenant de la fabrication du gaz ; ce produit, filtré à travers une toile à tissu serré et humide pour en séparer le goudron, pourrait être utilisé dans quelques localités, à Saint-Étienne, par exemple, il faudrait le verser dans les bassins de dépôt, et décanter après la précipitation produite par les sels ammoniacaux.

Enfin, deux moyens fondés sur le même principe pourraient être employés dans les cas où l'on aurait intérêt à empêcher la formation du sulfate

de chaux. Le premier a été proposé depuis longtemps pour préserver les chaudières de l'action de l'eau de mer, et se présente naturellement à l'idée pour les chaudières des machines qui consomment des eaux corrosives ; c'est l'emploi du zinc métallique. En disposant dans l'intérieur de la chaudière des rognures de zinc enfermées dans une cage de fer suspendue au-dessous de la ligne d'eau, et surtout en les mettant en contact par quelques points avec la tôle de fer, toute l'action corrosive de l'eau se porterait sur ce métal ; mais il faudrait éviter de produire le contact dans les parties fortement échauffées, et disposées à rougir, pour éviter sur ces points la concentration possible des dépôts. Le zinc métallique, même sans former une pile galvanique avec le fer, et seulement à la température de 100°, décompose complétement les sulfates de peroxyde de fer et d'alumine. Le zinc décomposant facilement l'eau à la température de 100°, et sans doute encore plus énergiquement à la température de l'eau dans les chaudières à haute pression, il pourrait peut-être en rognures présenter un trop grand état de division, se transformer en oxyde et se consommer en pure perte ; il conviendrait alors de le couler en lingots. L'emploi du zinc aurait le grand avantage d'exiger très-peu de soin pour son emploi, si toutefois il ne se recouvrait pas de tartre qui finirait par le soustraire à l'action de l'eau, comme cela arrive pour les flotteurs en pierre calcaire qu'on dispose ordinairement dans les chaudières; il aurait en outre l'avantage de donner naissance à un sel très-soluble; mais il serait d'un emploi assez dispendieux, quoique encore très-économique relativement à la dépense en fer métallique. L'emploi

du zinc métallique présenterait de l'avantage dans les machines à basse pression, comme moyen de préservation de la pompe à eau et à air, et du condenseur qui se dégradent rapidement et exigent des réparations fréquentes. Il conviendrait d'en former avec la fonte et le fer une pile galvanique, en l'appliquant en lames plus ou moins épaisses sur les parties libres et non frottantes de ces appareils.

Le second moyen n'a guère qu'un intérêt théorique; il présenterait de graves difficultés d'exécution pratique; il consisterait à déplacer la réaction qui a lieu dans la chaudière, et à faire réagir l'acide sulfurique nuisible sur des rognures de fer déposées dans la bâche d'alimentation, que l'on pourrait alors faire en cuivre pour activer les actions chimiques. Mais il faudrait alors porter la température de l'eau à un point voisin de 100°, et ménager un contact assez prolongé pour que la décomposition fût complète; il faudrait en outre éviter avec le plus grand soin l'introduction de l'air dans la chaudière. La décomposition du sulfate d'alumine, pour être complète, exigerait sans doute un temps beaucoup trop long pour qu'il fût possible de l'achever; en outre, il y aurait production de sous-sulfates qui pourraient peut-être encore réagir sur la chaudière, s'ils y étaient entraînés.

Pour donner un aperçu de la dépense qui peut résulter de l'action des eaux corrosives sur les chaudières, et de celles qu'occasionnerait l'emploi des différents procédés de neutralisation que j'ai indiqués, je prendrai pour exemple la chaudière du Cordon-Bleu; je supposerai qu'elle consomme 3 mètres cubes d'eau par jour, et marche 25 jours par

mois, et je ne tiendrai compte que des réactifs consommés pour saturer l'acide sulfurique nuisible. Pour une consommation d'eau de 75 mètres cubes par semaine, il y aurait à saturer, à raison de 0gr.,176 par litre, 13kil.,2 d'acide sulfurique. Je supposerai, pour ne pas rester au-dessous de la vérité, que la craie, la marne, la chaux carbonatée par exposition à l'air, et les résidus de savonneries, ne contiennent que 50 p. o/o de chaux vive. Ces données fournissent le tableau suivant :

Equivalents de l'acide sulfurique à saturer dans la chaudière du Cordon-Bleu.

	kil.		fr.	fr.
Acide sulfurique. . .	13,2		»	»
Fer de la chaudière (l'eau saturée d'oxygène).	17,0	à	110,00 les o/o	18,70
Fer de la chaudière (l'eau purgée d'oxygène).	8,9	à	*id.*	9,79 = m. (1)
Soude	13,7	à	100,00 les o/o	13,70 = m. (1,39)
Zinc en rognures. . .	10,6	à	40,00 les o/o	4,24 = m. (0,43)
Craie.	18,8	à	5,00 les o/o	0,94 = m. (0,09)
Chaux.	9,4	à	1,60 l'hect. de 80 k.	0,18 = m. (0,018)
Marne de Saint-Clément.	18,8	à	0,80 les o/o	0,15 = m. (0,015)
Résidu de savonnerie. .	18,8	à	0,50 les o/o	0,09 = m. (0,007)

En supposant que pour chacun de ces réactifs qui, à l'exception du zinc, devraient être employés en excès, on soit dans la pratique obligé de doubler la dose, on n'arriverait encore qu'à une dépense mensuelle très-faible, tout à fait hors de proportion avec la dépense définitive occasionnée par la destruction de la chaudière lorsqu'elle est mise entièrement hors d'état.

En résumant ce qui précède, je crois que deux substances, le zinc et la craie, peuvent être em-

ployées avec le plus grand succès pour préserver les chaudières de tôle de fer de l'action des eaux corrosives. Le choix entre elles devra être déterminé dans chaque cas particulier par les motifs de convenance ou d'économie dépendant des circonstances locales. A Angers la proximité d'un gisement de calcaire crayeux devra décider le choix en faveur de la seconde ; je crois du reste qu'elle sera d'un emploi tellement facile lorsque les dispositions convenables auront été prises, et lorsque les chauffeurs seront dressés au genre de travail nécessaire, que dans la plupart des cas la raison d'économie devra l'emporter.

Pour employer la craie ou les substances équivalentes, de la manière la plus commode, il conviendrait d'adapter aux chaudières un récipient placé en dehors de l'action du foyer, dans lequel viendrait s'accumuler le sulfate de chaux résultant de la neutralisation ou de la concentration des eaux ; par une disposition de ce genre, qu'il serait très-utile d'employer même dans l'état actuel des machines, on ferait disparaître immédiatement l'inconvénient que peut présenter l'introduction et la précipitation dans la chaudière, de matières insolubles. Les chaudières du puits de la Garenne, à Montjean, présentent une disposition de ce genre imaginée, il est vrai, dans un autre but ; en changeant la position du tuyau d'alimentation on pourrait faire du manchon en fonte, placé derrière les chaudières et en dehors du foyer, un réceptacle pour l'abondant précipité de sulfate de chaux que fournit l'eau, précipité que l'on peut craindre de voir contracter de l'adhérence dans quelque partie de la chaudière, et qui finit peut-être par entraîner dans une dépense de com-

bustible plus considérable lorsqu'il devient très-abondant. On pourrait adopter une autre disposition, que M. Bérendorf, mécanicien à Angers, a déjà employée avec succès dans une filature de laine qui consomme l'eau vaseuse de la Maine. Elle consiste à établir au-dessous des deux bouilleurs de la chaudière un troisième tube plus court, en communication avec eux, et placé derrière l'autel de la grille et au-dessous de son bord supérieure. L'eau d'alimentation et amenée dans ce tube s'y échauffe notablement, mais sans entrer en ébullition; elle laisse les dépôts se rassembler à la partie inférieure; au moyen d'un robinet placé à l'extrémité de ce tube on peut évacuer facilement la vase sans interrompre la marche de la machine. On ne doit pas craindre de faire aboutir la pompe alimentaire au milieu de ce dépôt, surtout si l'on recourbe verticalement le tuyau adducteur; cette disposition serait favorable pour accélérer la neutralisation de l'eau qui arriverait dans un point où il y aurait toujours un excès de réactif. Un simple robinet placé sur chacun des bouilleurs pourrait servir à évacuer de temps en temps la plus grande partie du dépôt et à prévenir son accumulation; on recommande son emploi pour les chaudières ordinaires où il présente encore moins d'utilité. Il deviendrait alors nécessaire d'introduire successivement la craie dans la chaudière, à des intervalles de temps que l'expérience apprendrait à connaître; pour cela il suffirait d'adopter le système employé pour introduire de l'argile dans les chaudières des paquebots à vapeur. On pourrait, au moyen d'une boîte à deux robinets placée sur le tuyau d'alimentation, entre la pompe et la chaudière, faire tomber la craie façonnée en

pains sur une plaque percée de trous, à travers laquelle l'eau d'alimentation l'entraînerait. On pourrait plus simplement disposer cette boîte sur le corps de la chaudière, de manière à faire tomber la craie dans une petite caisse percée de trous, où l'eau en ébullition viendrait la délayer pour la disperser dans toute la chaudière. Il serait opportun, dans tous les cas, de faire coïncider l'introduction de la craie avec celle de l'eau d'alimentation. Toutes les fois que la machine ne sera pas destinée à fonctionner longtemps sans nettoyage, et qu'il n'y aura que peu d'eau entraînée mécaniquement, il sera plus simple de mettre immédiatement dans la chaudière, la ration de craie nécessaire pour toute la durée de sa marche.

En examinant les réactions qui ont lieu dans les chaudières, en indiquant les moyens de préservation qui m'ont paru susceptibles d'être employés pour combattre l'action des eaux corrosives, j'ai eu principalement pour objet d'indiquer dans quel sens devraient être faits des essais pratiques; quelques résultats d'expérience viendront peut-être déranger mes prévisions; je croirai néanmoins avoir atteint mon but, s'il résulte de mes recherches une solution pratique de cette importante question.

NOTES.

M. *Sur les chaudières de la Bazouge.* — Après avoir terminé ce mémoire j'ai reçu de nouveaux renseignements sur la chaudière en cuivre de cette mine. Toutes les fois qu'on nettoie cette chaudière on y met 20 kil. de ferraille, pour la préserver de l'action corrosive de l'eau. Toutes les fois qu'on vide les chaudières, après les avoir nettoyées et séchées, on les enduit d'une couche de graisse formée de 5/6 de suif et 1/6 de mine de plomb; on emploie chaque fois 15 kil. pour les deux chaudières. Le directeur de cet établissement a fait jeter pendant quelque temps de la chaux vive dans les bassins, mais il en fallait une trop grande quantité. Il a essayé ensuite de faire éteindre la chaux dans la bâche d'alimentation, les tuyaux ont été obstrués, et il y a renoncé; il voyait du reste à cet emploi beaucoup d'inconvénients et peu d'avantages.

N. *Emploi des résidus de savonnerie.* — Après avoir essayé la craie dans la chaudière du Cordon-Bleu, en quantité insuffisante pour produire une neutralisation complète, mais sans avoir remarqué aucun inconvénient dans son usage, on a employé le résidu des savonneries. L'expérience a fait voir que pour des chaudières et une machine mal établies, comme celles du Cordon-Bleu, l'emploi de cette matière, renfermant encore une grande quantité de chaux caustique, avait de graves inconvénients. Cette matière mise dans la chaudière avant l'introduction de l'eau, s'y délaye très-bien, mais par l'ébullition elle forme une moussse très-abondante qui passe dans la machine. Au bout de peu de temps, le jeu de la machine, devenant très-difficile, on a été obligé de la démonter; on a trouvé les tiroirs et le cylindres encrassés de chaux; ils étaient secs et on ne trouvait plus aucune trace de graisse. Enfin lorsqu'on a lavé les soupapes pour faire échapper la vapeur, la mousse a été entraînée, et les parois de la chambre ont été blanchies par la chaux.

P. *Sur l'altération produite par l'eau de mer dans les chaudières des paquebots à vapeur.* — Les chaudières en tôle de fer employées sur les paquebots à vapeur ne durent en moyenne que 4 années. Cette rapide destruction provient en partie de l'oxydation du métal dans le voisi-

nage du foyer et dans les conduits de flamme, en partie de l'adhérence des dépôts salins qui s'attachent aux parois et qu'on ne peut souvent enlever qu'avec le burin ; mais elle est due encore à une action chimique de l'eau de mer. M. Van Beck, dans un mémoire inséré dans les Annales de Physique et de Chimie, tome 64, page 225, attribue cette action corrosive à l'oxygène de l'air en dissolution dans l'eau de la mer et considère les moyens de préservation comme inutiles dès que l'eau est en ébullition ; il donne cette opinion comme étant également celle de John Davy Après avoir indiqué le zinc comme un très-bon moyen de préservation des chaudières de fer, il déclare que la préservation du fer n'est pas absolument nécessaire par le motif indiqué plus haut.

La note suivante insérée dans l'ouvrage de Marestier sur les bateaux à vapeur d'Amérique fait voir que M. Faraday, en faisant des expériences sur l'eau de mer, avait été conduit à donner une autre explication de l'action de l'eau de mer : je transcris ici ce passage :

« Les chaudières peuvent rester 8 ou 10 jours sans être nettoyées quand les eaux sont claires et qu'elles ne contiennent point de sels. M. Faraday qui a analysé l'eau de mer dans la vue de connaître son action sur les chaudières, a trouvé qxe l'eau de mer qui bouillait à environ 101° centésimaux et dont la pesanteur spécifique était égale à 1,0272, contenait 32k,298 de sels par mètre cube, savoir :

1k,014 *de sulfate de chaux* qui commence à se précipiter à la température de 102° quand la quantité d'eau était réduite à 299 litres.

25k,785 *de muriate de soude* qui commence à cristalliser à 109° quand l'eau est réduite à 102 litres.

2k,214 *de sulfate de magnésie.*

3k,285 *de muriate de magnésie.*

Ce dernier sel est celui qui réagit le plus sur les chaudières ; il commence à se décomposer à la température de 102° lorsque la liqueur est réduite à 35litres,5. Les 3k,285 contenus dans le mètre cube d'eau de mer sont composés de 1k,145 de magnésie et 1k,14 d'acide. Si tout l'acide pouvait être séparé, il dissoudrait 1k,6 de fer et 3k.7 de cuivre, ce qui occasionnerait bientôt la destruction des chaudières.

L'acide peut être absorbé par l'addition de 1k,64 de

chaux vive ou de 2k,78 de potasse, ou de 4k,1 de carbonate de potasse. Le dépôt de magnésie pèse 1k,145, et celui de carbonate de magnésie 2k,43. »

Après avoir reconnu la nature des actions chimiques qui se passent dans les chaudières des machines de terre alimentées par des eaux corrosives, et avant d'avoir eu connaissance du passage que je viens de citer, j'avais été conduit à attribuer à des actions du même genre la destruction des chaudières en mer. Les analyses d'eau de mer n'indiquant dans leur composition aucune trace de sels d'alumine ou de peroxyde de fer, c'est au chlorure de magnésium que j'avais dû attribuer son action corrosive; en effet ce sel, lorsqu'on évapore sa dissolution, ne peut être obtenu anhydre; *lorsqu'il est évaporé à siccité et qu'on le calcine, il en résulte un dégagement d'acide hydrochlorique et un résidu composé d'oxyde et d'un peu de chlorure.* (Thénard, t. 3, page 418). Je pensais que sous l'action d'une température supérieure à 100°, en présence du fer métallique et des sels en dissolution, la décomposition du chlorure de magnésium devait avoir lieu. J'ai été confirmé dans cette opinion en voyant du tartre formé dans les chaudières des bateaux à vapeur du Havre à Hambourg; analyse que j'avais faite en 1839, dans un tout autre but; ce tartre renferme environ 7 p. 100 de magnésie libre, qui ne peut provenir que de la décomposition d'un sel de magnésie en dissolution dans l'eau de mer. Lorsque j'aurai à ma disposition les différents produits qui se forment dans ces chaudières, je pourrai facilement résoudre cette question, en recherchant si l'eau concentrée renferme du proto-chlorure de fer en dissolution. Si les chaudières de cuivre sont attaquées elles doivent donner des eaux concentrées chargées de chlorure de cuivre, et le tartre doit renfermer de la magnésie.

Le savant chimiste anglais propose, comme moyen préservatif, l'emploi de la chaux vive, de la potasse et du carbonate de potasse. On pourrait employer une dissolution de potasse ou un lait de chaux, en les introduisant au moyen d'une petite pompe accessoire menée par la pompe alimentaire, en quantité proportionnelle à la quantité d'eau injectée dans la chaudière. La chaux vive serait seule d'un emploi économique, mais elle aurait l'inconvénient d'engorger les tuyaux et probablement d'augmenter la masse du tartre. On ne pourrait pas lui

substituer le carbonate de chaux, qui ne décompose ni les sels de magnésie ni les sels de protoxyde de fer, et par conséquent resterait inerte. Les alcalis seraient certainement trop dispendieux, car il faudrait décomposer tout le chlorure de magnésium qui cependant ne doit réagir que partiellement, et peut-être aussi le sulfate de magnésie, qui peut échanger son acide avec les autres chlorures en dissolution et concourir à l'action corrosive. Quant au carbonate de potasse, au lieu d'en consommer 4kil.,1, comme l'indique Faraday, pour décomposer tout le chlorure de magnésium, il faudrait en consommer 5kil.,1, car il précipiterait toute la chaux avant de précipiter la magnésie; mais il offrirait l'avantage de détruire tout le sulfate de chaux et de carbonater la magnésie; il ne serait plus qu'un dépôt de carbonates insolubles, gélatineux et probablement non incrustants. Le meilleur procédé paraît être celui de Van Beck, qui consiste à employer le zinc métallique. Il faudrait l'isoler des parties où la chaudière est exposée à rougir pour prévenir l'accumulation sur ces parties des dépôts salins dont il provoquerait sans doute la formation. Il faudrait en outre l'introduire en masses présentant une petite surface, pour éviter une consommation très-rapide sous l'action de l'eau salée qui l'oxyderait rapidement à la température de l'ébullition.

Les chaudières de cuivre (si elles sont attaquées) pourraient être préservées très-simplement et très-économiquement par l'emploi de boîtes pleines de ferrailles, qu'on suspendrait çà et là, en ayant soin de les mettre par quelques points en contact avec le cuivre métallique.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Sur M. Coste, *Ingénieur des mines;*

Par M. Michel CHEVALIER, Ingénieur en chef des mines.

Pierre-Léon Coste naquit à Châlons-sur-Saône, le 5 mars 1805, d'une des familles les plus honorables de cette ville. Après avoir fait ses études à Châlons, il fut reçu à l'École polytechnique en 1823; deux ans après il en sortit, le douzième de sa promotion, pour entrer dans le service des Mines. Après avoir suivi les cours de l'École d'application, il fut envoyé en Angleterre pour faire un de ces voyages de perfectionnement par lesquels se termine l'éducation des ingénieurs. Il s'y rendit avec un de ses amis, M. Auguste Perdonnet, ancien élève de l'École polytechnique, qui avait suivi les cours de l'École des mines. Les deux jeunes ingénieurs étudièrent en détail l'industrie métallurgique de la Grande-Bretagne et les chemins de fer, qui étaient loin encore des éclatantes destinées auxquelles ils sont aujourd'hui parvenus. A leur retour, ils publièrent deux écrits fort estimés : l'un sur les chemins de fer, sous le titre de *Mémoire sur les chemins à ornières;* l'autre, intitulé : *Voyage métallurgique en Angleterre.* Ce dernier a eu, en 1837, les honneurs d'une seconde édition (1).

(1) L'éditeur l'a mis en un seul corps d'ouvrage, en deux volumes, avec le travail non moins remarquable de MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont.

Nommé aspirant-ingénieur le 16 mai 1829, Coste fut chargé du service des deux départements de la Côte-d'Or et de l'Yonne. De là il passa dans le département de Saône-et-Loire, où il devait trouver, pour son début, une tâche difficile. Ce département renferme, sur les bords du canal du Centre, un vaste terrain houiller. Des concurrents en grand nombre s'en disputaient chacun des lambeaux. Il fallait en répartir la concession de manière à donner satisfaction à tous les intérêts sérieux, sans cependant y introduire le morcellement excessif, qui est encore plus funeste et plus incompatible avec un bon aménagement, à l'égard de la richesse minérale et surtout de la houille, que pour la culture du sol. Léon Coste donna, en cette circonstance, la mesure de son humeur conciliante, de sa fermeté sans hauteur et de son aptitude aux affaires. Il parvint à faire entendre raison à tous ces intérêts rivaux. Il imposa silence aux jalousies et aux prétentions extrêmes. Il décida même plusieurs des aspirants concessionnaires à réunir en une seule concession les lots qu'ils sollicitaient. A cette époque, le 4 juillet 1830, il fut promu au grade d'ingénieur ordinaire.

Quand la révolution de juillet éclata, Léon Coste vint à Paris comme l'un des délégués de Saône-et-Loire, avec M. Humblot-Conté, qui le chérissait. Au milieu de la fièvre de sollicitation qui se répandit alors en France et attira sur Paris une nuée de postulants fonctionnaires, Coste, qui comptait des amis chauds et nombreux parmi les hommes appelés aux affaires, s'effaça complétement. Il reçut même très-mal les ouvertures de quelques personnes qui songeaient à revendiquer

pour lui un avancement prématuré dans le corps des mines.

Aux premiers jours du mois d'août il revint à son poste pour mettre la dernière main à la délimitation des concessions houillères. Cette opération compliquée était terminée, lorsqu'à la fin de juin 1833 la compagnie anonyme du Creusot et de Charenton tomba en faillite. En sa qualité d'ingénieur de Saône-et-Loire, il reçut ordre de se transporter sur les lieux pour assurer le service de l'épuisement des mines et pour protéger celles-ci de l'inondation pendant l'interruption des travaux, qui était imminente; mais il lui était réservé de remplir une autre mission plus large et plus ardue.

Arrivé au Creusot, il trouva la population dans un état d'exaspération violente et prête à se porter aux dernières extrémités. Deux mille ouvriers, formant, avec les femmes et les enfants, une population de quatre mille âmes, allaient être sans pain, si les travaux cessaient. Les fournisseurs et les marchands, qui avaient accepté, en payement des denrées par eux livrées à ces ménages, les *bons* de la compagnie, sorte de papier-monnaie avec laquelle, faute d'écus, on acquittait les salaires, se refusaient à faire de nouvelles avances et se disposaient à partir, craignant le pillage. Cette colonie industrielle de quatre mille âmes allait donc se trouver sans vivres. Il y avait longtemps qu'elle était sans argent, puisque la compagnie ne payait plus les salaires qu'avec ses *bons*. La vie du directeur était menacée, quoiqu'il fût fort innocent du désastre. L'autorité avait envoyé à Autun un bataillon d'infanterie pour faire respecter la loi et la

propriété; mais la garde nationale du Creusot, toute formée d'ouvriers animés par le désespoir, égarés par un ressentiment aveugle contre la compagnie ruinée, et exaltés par les idées de souveraineté populaire qui, de toutes parts, avaient fait explosion après 1830; la garde nationale, dis-je, composée d'hommes robustes, bien armés et munis de canon, déclarait, par l'organe de ses chefs, qu'elle ne laisserait pas approcher les soldats. Il semblait plus que difficile d'empêcher les ouvriers irrités de se porter à des excès, de briser les machines d'épuisement, de saccager le vaste matériel des forges et des fonderies, et de s'emparer de vive force des approvisionnements enfermés dans les magasins des fournisseurs. Un autre eût jugé impossible d'apaiser le courroux de cette foule soulevée, de mettre instantanément en activité régulière cet immense établissement, et de lui faire produire de quoi alimenter cette population malheureuse. Coste, étendant la mission qui lui avait été confiée, et se plaçant aussitôt à la hauteur des circonstances au milieu desquelles il était jeté à l'improviste, prit sur lui d'essayer de résoudre ce problème, et il y réussit de la manière la plus complète. C'est qu'il possédait à un haut degré les qualités du commandement. Il inspirait à l'inférieur une confiance illimitée; il savait s'en faire respecter, et il avait dans l'esprit de grandes ressources. Il était maître de lui; ce qui est la première condition pour maîtriser les autres.

Il réunit les principaux ouvriers; il leur dit qu'il était prêt à se mettre à leur tête et à diriger l'établissement, pourvu que chacun s'engageât à se tenir au poste où il le placerait. Il leur garantit

que les produits de la fabrication ainsi constituée seraient consacrés à la solde. On l'écouta. Son calme parfait imposa aux plus irrités et se communiqua à tous. Cette masse ameutée avait rencontré son *virum quem*. Elle avait trouvé plus et mieux, car il devait être pour elle un tuteur plein de bienveillance et de générosité. On promit donc de lui obéir. Il se procura, de son côté, les premiers fonds, sur son engagement personnel, et, quinze jours après, les ouvriers du Creusot recevaient leur salaire en numéraire; ce qui n'avait pas eu lieu depuis très-longtemps. Au mois de septembre, quand il remit la direction aux syndics de la faillite, le roulement de tous les ateliers était assuré, les débouchés réouverts, et il y avait des excédants de recette en caisse.

Le gouvernement, justement alarmé des dangers que courait l'ordre public au Creusot, et redoutant qu'une étincelle partie de là n'allât encore une fois embraser Lyon, où mille passions couvaient encore sous la cendre, avait envoyé sur les lieux, quelque temps après que Coste s'y était rendu, M. l'inspecteur général Beaunier, l'un des hommes les plus éminents par leur savoir et par leur caractère qu'ait jamais comptés le corps des mines. M. Beaunier avait à pourvoir à l'organisation provisoire du travail. A la vue de l'ordre et de l'obéissance qui régnaient autour du jeune ingénieur, il éprouva une admiration que plus tard il aimait à exprimer. Il ne vit rien à ajouter à ce que Coste avait accompli avec la rapidité de l'éclair. Il le signala à la reconnaissance de l'administration, avec la chaleur d'âme qu'il déployait toutes les fois qu'il s'agissait de récompenser d'éclatants services et de belles œuvres. Léon

Coste fut alors nommé membre de la Légion d'honneur (par ordonnance du 24 août 1833).

A peu de temps de là l'administration, désireuse de s'éclairer sur l'état de l'industrie des fers fabriqués par la méthode anglaise, envoya Léon Coste visiter les deux grandes usines nouvellement construites à Alais et à Decazeville. Le séjour qu'il fit dans ces deux établissements donna aux principaux intéressés une telle idée de sa capacité, que, des deux côtés, on voulut l'avoir pour directeur. Il se rendit en cette qualité à Decazeville au commencement de 1834. Il s'y livra à des expériences tendant à baisser le prix de revient du fer. Il était à peine resté un an à Decazeville, que des convenances de famille lui firent désirer de se rapprocher des bords de la Saône. Il accepta donc les offres qui lui furent adressées par la compagnie du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, et il en devint le directeur le 20 mars 1835.

Il semblait être dans la destinée de Léon Coste d'avoir toujours à prévenir ou à réparer des catastrophes, ou à relever des ruines. Quand le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon lui fut confié, cette voie de communication, qui a été si féconde pour le pays qu'elle dessert, allait en dépérissant. Les souterrains établis dans des montagnes percées en tous sens par les mineurs s'affaissaient çà et là ou descendaient en masse. Les rails étaient usés et le chemin était à peine viable. Le matériel des transports était insuffisant, et, par l'effet de conditions onéreuses prescrites à la compagnie, il se détruisait avec rapidité. Les actionnaires ne recevaient pas de dividendes. Les exploitants des mines, qui auraient dû bénir la compagnie, à cause du développement

que le chemin de fer avait donné à l'extraction des houilles, se montraient animés contre elle d'une haine qui semblait implacable. Il fallait lutter contre mille causes actives de dépense et de destruction, contre des passions obstinées, contre un tarif abaissé à l'excès. Coste le fit avec bonheur. Les souterrains ont été consolidés (1); les rails se renouvellent sur toute la ligne (2); la voie est en bon état; les règlements relatifs aux wagons ont été modifiés, le service s'opère avec régularité et économie (3). Il avait agrandi et perfectionné le service des voyageurs, qui est pour la compagnie une source abondante de revenus (4). En un mot, l'héritage qu'il laisse à la compagnie n'est ni plus ni moins que le rétablissement de ses affaires. Aussi, au milieu des désastres causés par les débordements du Rhône et de la Saône, la compagnie regarde-t-elle la perte de son directeur comme le plus irréparable de tous.

Plein d'un désintéressement rare, Coste proposait dans les derniers temps, avec instance, une

(1) Sans interrompre d'un seul jour le service des voyageurs, Coste fit reconstruire une grande partie des souterrains de Couzon et de Terre-Noire, où il n'existe qu'une voie. Il élargit le souterrain de la Mulatière pour y placer une double voie.

(2) Par les soins de Coste le renouvellement intégral a eu lieu sur 37 kilomètres de double voie.

(3) En substituant le graissage anglais pour les essieux des wagons à l'ancien graissage à l'huile d'olive, Coste a réalisé au profit de la compagnie une économie annuelle de 50 à 55.000 francs sur ce seul article.

(4) Pendant l'année qui précéda sa gestion, le nombre des voyageurs avait été de 182.000. En 1840, ce nombre a atteint 420.000. Le transport des houilles a subi aussi une augmentation considérable, mais proportionnellement moins forte : de 358.000, il s'est élevé à 580.000.

réduction sur son propre traitement, afin de supporter sa part d'une charge que la création d'un nouvel emploi faisait peser sur la compagnie; l'état fâcheux de sa santé lui ayant paru entrer au nombre des motifs qui avaient rendu nécessaire cette fonction nouvelle.

En même temps qu'il remettait de l'ordre dans le chemin de fer, il s'occupait de le rendre plus utile au pays, et plus productif pour la compagnie, en l'étendant. Tous les mariniers du Rhône ont remarqué que la partie supérieure du cours de ce beau fleuve est sujette à des brouillards qui arrêtent la navigation et fréquemment retiennent à Lyon les bateaux à vapeur destinés à transporter les voyageurs à Avignon, à Beaucaire et à Arles. A Vienne, ces brouillards cessent, et, de là jusqu'en Provence, le Rhône en est dégagé. Vienne est d'ailleurs un centre important de consommation pour les charbons de Saint-Étienne. Or, Vienne n'est qu'à 10 kilomètres de Givors, où le chemin de fer descendant de Saint-Étienne vient rencontrer le Rhône. Coste conçut le projet d'un embranchement de Givors à Vienne. Il l'étudia soigneusement avec M. Garella, ingénieur des ponts et chaussées, et voulut en faire son affaire personnelle. C'eût été un service signalé rendu au commerce de Lyon, qui, chaque matin, fût allé chercher à Vienne les bateaux à vapeur, dont le départ à heure fixe eût été assuré. La population industrieuse de Vienne et la compagnie du chemin de fer n'en eussent pas moins profité. De concert avec quelques capitalistes de ses amis, il proposa à la compagnie de s'en charger, à ses risques et périls, sous la seule condition qu'elle garantirait pendant un certain nombre d'années

un minimum d'intérêt de 4 p. o/o. La compagnie, mal inspirée ce jour-là, repoussa une proposition aussi avantageuse. Si Coste avait vécu, il est probable qu'il l'eût fait revenir de cette détermination, et que son offre eût été bientôt acceptée avec reconnaissance.

Le 12 mai 1838 il fut promu à la première classe de son grade.

Léon Coste épousa, en 1838, une jeune femme charmante, la fille de l'un des plus honorables banquiers de Paris. Par une lamentable fatalité, les germes du mal qui devait l'emporter se manifestèrent précisément vers cette époque. A la fin de 1839, sa double famille s'alarma, et il dut se soumettre à un traitement rigoureux. Les progrès de la maladie se ralentirent, mais ne s'arrêtèrent point. Dès le commencement de la belle saison, en mai dernier, il se rendit aux eaux de Kreutznach, qui aussi se montrèrent impuissantes. Néanmoins il retourna à Lyon et reprit ses fonctions de directeur du chemin de fer. A l'automne, les symptômes devinrent effrayants. Il n'en fut pas troublé, et quand se déploya l'inondation qui a occasionné tant de malheurs dans les vallées de la Saône et du Rhône, à Lyon surtout, et qui a dévasté le chemin de fer, on le vit, miné par la fièvre, épuisé, exténué, se lever du lit qui allait être son lit de mort, se rendre sur les points menacés ou compromis, tout inspecter lui-même, et tracer de sa main affaiblie les ordres de surveillance et les plans de réparation. Peu lui importait de mourir si ce devait être en accomplissant ce que sa conscience scrupuleuse lui disait être son devoir. C'était pour lui mourir au champ d'honneur. Le 4 novembre il fit sa dernière course. Le 9 com-

mença une crise terrible, et le 11 il n'était plus.

Sur sa tombe doit être placée une pièce de fonte que lui apportèrent les ouvriers reconnaissants du Creusot, quand il dut se séparer d'eux, et qui offre l'inscription suivante :

LE CREUSOT A M. LÉON COSTE.

C'est en effet un précieux souvenir de l'acte qui avait le plus contribué à le placer haut dans la considération publique, dans l'estime et l'affection de ses camarades, et qui avait autorisé tant d'espérances, sitôt, hélas! et si cruellement renversées!

Pierre-Léon Coste est mort avant d'avoir trente-six ans accomplis. La mort l'a frappé lorsque tout, dans la vie, semblait lui sourire. Elle l'a enlevé au moment où il commençait à recueillir le fruit de ses nombreux et infatigables travaux; à l'instant où les brillantes facultés et les qualités solides dont la nature s'était plu à le doter étaient arrivées à leur maturité. Comblé des jouissances les plus pures et les plus douces de la famille et de celles des plus flatteuses amitiés, riche, considéré et aimé de tous, il paraissait n'avoir plus rien à envier. Un bel avenir se déroulait devant lui. Il avait pris place aux plus hauts rangs de l'industrie nationale; il comptait parmi les hommes de science les plus utiles au pays. Les voies de la divine Providence sont bien mystérieuses; inclinons-nous devant sa volonté suprême; mais pourquoi donc a-t-il fallu qu'un impitoyable arrêt vînt à l'improviste anéantir ce présent si riant, ces rêves si séduisants d'avenir?

JURISPRUDENCE DES MINES;

Par M. DE CHEPPE, maître des requêtes, chef de la division des mines.

RECHERCHES DE MINES. — PROPRIÉTÉ DES PRODUITS EXTRAITS. — DOMMAGES. — COMPÉTENCE.

C'est à l'autorité administrative seule qu'il appartient de statuer sur les questions qui peuvent s'élever relativement à la propriété des minerais provenant des travaux de recherches, encore bien que les explorations aient été opérées sans le consentement du propriétaire du sol et antérieurement à l'autorisation du gouvernement.

Les tribunaux sont seuls compétents pour prononcer sur les indemnités dues à raison des voies de fait et des dommages résultant desdites recherches.

Une ordonnance royale du 19 septembre 1840 a autorisé pour deux années la société dite des mines de Bully et Fragny-sur-Loire à poursuivre des travaux de recherche et de reconnaissance dans divers terrains de cette localité. Une décision du ministre des travaux publics, du 5 octobre suivant, a permis à cette société de vendre les produits de ses explorations (1).

Antérieurement à ces décisions, et sans avoir obtenu le consentement du propriétaire du sol, la compagnie avait entrepris des recherches et extrait du charbon dans des pièces de terre de la même localité, et appartenant à M. de L'Espine.

Ce propriétaire a assigné la compagnie devant le tribunal de Roanne. Il demandait que les charbons extraits

(1) Voir *Annales des mines*, 3ᵉ série, tome XVIII, p. 755.

fussent déclarés sa propriété, et qu'une indemnité lui fût allouée pour le dommage causé à son terrain.

Le tribunal de Roanne a, par jugement du 21 novembre 1839, accueilli la demande de M. de l'Espine, et l'a déclaré propriétaire des charbons extraits.

La compagnie a interjeté appel devant la cour royale de Lyon.

Informée de ces contestations, l'administration jugeant qu'il s'agissait ici d'une question étrangère aux tribunaux, a chargé le préfet de revendiquer la cause.

La cour royale a rejeté le déclinatoire par un arrêt du 14 janvier 1841, ainsi motivé :

« Attendu que l'action qu'ont dirigée soit le sieur Vte de l'Espine, soit les mariés Faure et Prolong, intimés, contre les sieurs Marnier et d'Asda, parties appelantes, action sur laquelle a été statué en premier ressort par le jugement dont est appel, a pour objet des restitutions et indemnités par eux réclamées à raison des charbons de terre que ceux-ci auraient indûment extraits et enlevés dans le tréfonds houiller existant sous la surface de la propriété des intimés, comme aussi à raison des dégradations commises sur cette même surface; le tout par suite des sondes et recherches qui ont eu lieu de la part des appelants, dans le tréfonds dont il s'agit;

» Attendu que s'il s'agissait de sondes et recherches qui, antérieures à toute concession de la mine qu'on peut avoir à exploiter dans ce tréfonds, n'eussent été faites toutefois de la part des appelants qu'avec l'autorisation du gouvernement, conformément à l'article 10 de la loi du 21 avril 1810; en ce cas, suivant l'article 46 de cette même *loi*, l'autorité administrative aurait été sans nulle difficulté seule compétente pour connaître de la demande des intimés, mais que telle n'est pas du tout la nature du procès;

» Attendu, en effet, qu'il n'apparaît aucunement que les appelants eussent requis et obtenu aucune autorisation du gouvernement pour faire dans le tréfonds existant sous la surface de leur propriété les recherches et travaux dont il s'agit; que c'est seulement le 19 septembre dernier qu'ils ont obtenu une ordonnance royale, laquelle, n'étant point une ordonnance de concession, les autorise seulement à poursuivre et à ouvrir des travaux de recherche et reconnaissance des mines dans le territoire où sont

situées les propriétés des intimés, d'où il suit que les sondes et recherches qu'ils y firent bien antérieurement, sans aucune autorisation préalable, et qui ont donné lieu à l'action exercée par les intimés, furent de leur part des voies de fait à raison desquelles la demande en restitution et indemnités qui s'y réfère, telle que les intimés l'ont formée, devait être portée, ainsi qu'elle l'a été, devant les tribunaux ordinaires;

» Attendu dès lors que le déclinatoire proposé par M. le préfet de la Loire pour que l'affaire dont il s'agit soit renvoyée devant l'autorité administrative doit être déclaré inadmissible. »

Conformément aux instructions qu'il avait reçues, le préfet a élevé le conflit d'attributions.

Il y avait lieu, en effet, dans l'espèce, à l'intervention de l'autorité administrative.

La cour de Lyon, comme on vient de le voir, s'était appuyée sur ce qu'il s'agissait au procès de recherches opérées par la compagnie dans des terrains pour lesquels elle n'avait ni l'adhésion du propriétaire, ni une permission du gouvernement.

Sans doute, d'après l'article 10 de la loi du 21 avril 1810, nul ne peut entreprendre des recherches de mines sur le terrain d'autrui sans le consentement de celui à qui le terrain appartient, qu'autant qu'il a été autorisé par une ordonnance rendue après une instruction spéciale. Mais il ne s'ensuit pas que ce soit aux tribunaux à prononcer sur la propriété des minerais extraits. Cette question ne peut, sous aucun rapport, être une question judiciaire.

Deux choses doivent être ici distinguées : le fait d'avoir porté des fouilles sur le terrain d'un tiers sans son consentement; et l'extraction en elle-même du minerai provenant des recherches.

Le premier fait rentre, comme tous les autres empiétements à la propriété, dans les cas prévus par les lois ordinaires; le jugement des indemnités qui peuvent être dues à raison de ce fait, pour les dommages causés au sol, est entièrement du ressort des tribunaux.

Quant à l'attribution des minerais extraits, c'est uniquement à l'autorité administrative qu'il appartient de statuer à cet égard.

Si la loi du 21 avril 1810 laisse au propriétaire du sol le

droit de faire des recherches sur son terrain, si elle donne au gouvernement la faculté d'accorder des permissions à des tiers, au refus du propriétaire, elle ne contient aucune disposition d'après laquelle les uns ou les autres puissent s'attribuer le produit des explorations. La propriété d'une mine ne peut, aux termes de l'article 5 de la loi, résulter que d'un acte de concession accordée par un règlement d'administration publique. Le propriétaire du sol n'a point de droit à la préférence; les titres des concurrents sont laissés au jugement de l'administration. En vertu de l'article 46, les questions d'indemnités pour travaux et recherches antérieurs à la concession sont renvoyées au conseil de préfecture. Tout cela est de la com-compétence de l'administration et en dehors de celle des tribunaux.

Par cela même que le gouvernement seul a le droit de faire les concessions de mines, lui seul également a le droit de donner une destination aux produits des recherches. Le minerai qui provient d'un gîte minéral non encore concédé n'appartient à personne. Le propriétaire *du sol* ne peut, pas plus que tout autre explorateur, se l'approprier sans une autorisation formelle; cette autorisation est indispensable dans tous les cas. Et, quant au règlement de la part qu'il peut revendiquer dans les produits *extraits*, lorsque les recherches sont autorisées malgré son opposition, c'est encore là une question administrative, conséquence du principe d'après lequel l'acte de concession fixe l'indemnité du propriétaire du sol sur le produit des mines concédées.

La loi de 1810 a parfaitement distingué ce *qui doit* l'être : renvoi aux tribunaux des questions de propriété qu'elle définit; attribution à l'autorité administrative de toutes les questions qui se rattachent à l'institution même de la propriété souterraine; et en fait de mines, il n'y a pas de propriété sans concession.

Telles sont les considérations qui ont été exposées par M. le ministre des travaux publics, en demandant la confirmation de l'arrêté de conflit.

Une ordonnance royale du 16 avril 1841 (1) a maintenu les règles qu'on vient de rappeler.

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 670.

Seulement, comme l'arrêté du préfet de la Loire n'avait pas séparé ce qui, dans la cause, se trouvait du ressort des tribunaux, et ce qui était de la compétence administrative, l'ordonnance, en approuvant ledit arrêté, quant à la revendication pour l'autorité administrative du règlement des droits du propriétaire de la surface, l'a annulé en tant qu'il aurait revendiqué pour la même autorité la question de dommages et intérêts résultant des voies de fait de la compagnie.

Recherches de mines.

Il n'est dû d'indemnité au propriétaire du terrain dans lequel des recherches ont lieu malgré son refus, qu'à raison de l'occupation de ce terrain, des dommages qu'elles peuvent lui causer. Il ne lui en est point dû à raison de la privation de l'exercice du droit qu'il avait de faire les recherches lui-même.

Aux termes de la loi du 21 avril 1810, tout propriétaire peut rechercher des mines dans son terrain non concédé. Quand il n'use pas de ce droit, un tiers peut être, nonobstant son refus, autorisé par le gouvernement à faire des recherches dans ce même terrain, à charge de payer une indemnité pour la non-jouissance du terrain, etc.

On a vu dans les *Annales des Mines*, un assez grand nombre d'ordonnances rendues sur cette matière.

Lorsqu'un tiers intervient ainsi pour explorer un terrain, le propriétaire du sol se trouve privé de son droit de recherches. La question s'est élevée de savoir s'il convenait d'allouer à ce propriétaire une indemnité spéciale comme représentation de ce droit, indépendamment de celle qui est due pour l'occupation de la superficie et les dommages causés.

L'article 10 de la loi de 1810 n'a fait mention que d'une sorte d'indemnité ; il porte que les explorateurs indemniseront lès propriétaires de la surface. Il pose le principe.

Les articles 43 et 44 en déterminent l'application, fixent les bases d'après lesquelles on doit procéder ; ces bases sont

la non-jouissance du sol et les dégâts que pourra éprouver la superficie suivant la nature et la durée des travaux. C'est ce qui a été exprimé en termes formels dans le rapport de M. de Girardin au corps législatif : « Le propriétaire peut faire des recherches sur son terrain ; c'est » un droit qui dérive de sa propriété. Le gouvernement peut aussi, par un motif d'intérêt général, » en accorder la permission à d'autres, à la charge d'une » indemnité préalable et *dont les bases sont fixées par » les articles* 43 *et suivants du projet.* » L'instruction du 3 août 1810 s'est exprimée non moins explicitement à ce sujet. « Les permissions de recherches sont » accordées par le ministre sur l'avis de l'administration » des mines, d'après un arrêté pris par le préfet sur la demande..... La permission ne peut être accordée qu'à la » charge d'une indemnité préalable envers lui (le propriétaire du terrain) en raison de la non-jouissance et des » dégâts occasionnés à la surface. »

Nulle part il n'est question d'une rétribution particulière pour la privation du droit de recherches.

La législation sur les mines a respecté le droit du propriétaire ; avant tout autre il peut faire des recherches. Mais s'il reste dans l'inaction, la société devra-t-elle en souffrir? Non sans doute. Et alors il faut bien qu'à sa place, malgré son refus, un tiers puisse faire ce qu'il ne fait pas lui-même. Ce droit, qui lui appartient d'abord, ce n'est qu'à défaut par lui d'en profiter, et après qu'il a été entendu et mis en demeure, qu'on le confère à autrui. Mais en même temps il est juste de l'indemniser de l'occupation du sol, des dommages qui peuvent être causés. On s'est fort préoccupé de son intérêt, puisque d'après les art. 43 et 44 de la loi, les dédommagements sont du double de ce qu'aurait produit le terrain, s'il s'agit de travaux passagers et qui n'empêchent pas de remettre le sol en culture au bout d'un an ; et que si ces travaux doivent durer plus d'une année ou rendre le sol impropre à la culture, le propriétaire peut exiger que l'explorateur lui achète les pièces de terre trop endommagées et qu'il les paye le double de leur valeur. Assurément de telles dispositions sont fort équitables ; et il n'y a nulle raison d'aller au delà.

Généralement les explorations s'opèrent en vertu de transactions amiables ; mais si l'on entrait dans la nouvelle

voie indiquée, il en résulterait inévitablement que de toutes parts les propriétaires élèveraient des prétentions exagérées, ce qui empêcherait beaucoup de recherches utiles. On ne peut en outre se dissimuler qu'il y aurait bien de l'arbitraire dans ce règlement d'une indemnité représentative d'une faculté dont on n'use pas. Prendrait-on pour base l'importance de la mine? Mais la mine est inconnue et sa découverte est précisément le but des travaux. Serait-ce le revenu du terrain à explorer? Mais il est déjà à considérer dans l'estimation de l'indemnité d'occupation, et il ne serait pas juste de le compter deux fois.

On a quelquefois, en accordant des permissions relatives à des recherches à opérer dans des terrains communaux, obligé les permissionnaires à verser dans les caisses communales, certaines sommes outre les indemnités dues pour occupation des terrains; mais c'est que dans ces circonstances les parties étaient elles mêmes tombées d'accord sur ces conditions. L'administration ne faisait, en intervenant pour régler les intérêts de la commune, que ratifier ces conventions.

Dans l'espèce qui a donné lieu aux questions dont nous nous occupons ici, il n'y avait rien de semblable. La commune propriétaire du sol s'opposait aux travaux. Elle avait rejeté les offres du pétitionnaire; on ne devait, en accordant la permission devenue nécessaire par son refus, stipuler en sa faveur que les dédommagements qui résultent de la loi.

Les considérations qui précèdent ont été exposées par M. le ministre des travaux publics dans le rapport qu'il a présenté au roi au sujet de cette affaire. Il a été décidé que l'on devait s'en tenir, comme par le passé à l'indemnité fixée par les articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810, et c'est en ce sens qu'a été rendue, le 11 septembre 1841 (1), l'ordonnance royale qui autorise les recherches nonobstant le refus de la commune.

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 703 et suiv.

Anciennes concessions de mines.

Les articles 51 *et* 53 *de la loi du* 21 *avril* 1810 *ne sont point applicables aux anciennes concessions dont les travaux étaient depuis longtemps abandonnés avant la promulgation de cette loi. On doit les regarder comme périmées par le fait de cet abandon, et le gouvernement est libre d'en disposer de nouveau aujourd'hui.*

M. le comte de Chambrun a formé en 1837 une demande ayant pour objet d'obtenir la concession des mines de plomb et argent dites de *Bahours*, situées près de Mende, dans le département de la Lozère.

Il exposait que ces mines furent concédées jadis à MM. Meuron et Marguerit par un arrêt du conseil du 17 septembre 1743; que ceux-ci cessèrent quelque temps après d'exploiter; qu'en 1763 ils cédèrent leurs droits à M. de Framond, leur associé; que ce dernier ne reprit point les travaux, en sorte que ces mines restèrent abandonnées depuis cette époque. M. de Chambrun se présentait en ces circonstances, comme ayant cause de M. de Framond, son beau-père, ajoutant que néanmoins il ne pouvait reproduire l'acte de concession fait à M. de Framond, cet acte n'ayant pas été retrouvé.

L'administration fit afficher et publier la demande de M. de Chambrun. Cette formalité ne préjugeait rien sur le fond de l'affaire, et elle mettait les personnes qui auraient eu quelques droits à prétendre sur ces mines à même de les faire valoir, conformément aux dispositions du second paragraphe de l'article 28 de la loi du 21 avril 1810.

Aucune opposition motivée sur la propriété des mines de Bahours n'est survenue; mais il a été formé, pendant le délai des affiches, une demande en concurrence par MM. de Sales et de Ligonnès, pour un terrain de 1 kilom. 88 hectares compris dans le périmètre sollicité par M. de Chambrun, et où existe l'un des filons métallifères.

Les ingénieurs des mines ont pensé qu'il y avait lieu de regarder comme éteinte par cessation de travaux la concession de 1743; qu'ainsi M. de Chambrun devait être considéré comme simple demandeur en concession. Et attendu que les parties n'avaient pu s'entendre pour solliciter et obtenir ces gîtes en commun, ils ont proposé de former deux concessions; d'accorder l'une à M. de Chambrun, dans un espace de 6 kilom. 94 hectares, et l'autre à MM. de Sales et de Ligonnès, sur une superficie de 1 kilom. 80 hectares.

Le préfet de la Lozère a adopté ces conclusions.

Tel a été aussi l'avis du conseil général des mines.

Il a observé que l'on était libre de disposer des mines de Bahours bien qu'elles eussent été autrefois concédées.

Si en effet l'article 51 de la loi du 21 avril 1810 a déclaré maintenues les anciennes concessions, cette disposition ne saurait s'appliquer qu'aux concessions dont les titulaires étaient alors en jouissance et avaient, comme l'article 53 l'indique, fait fixer les limites de leurs exploitations conformément aux prescriptions de la loi du 28 juillet 1791. L'article 51 et l'article 53, ainsi que nous l'exposions récemment (1), ont eu pour but de lier le régime ancien au régime nouveau. Ils ont conservé les droits existants, mais ils n'ont nullement eu pour objet de faire revivre les anciennes concessions abandonnées; et la concession de Bahours, délaissée depuis près de cent ans, dont le périmètre était resté constamment indéterminé, n'avait pu recevoir de la loi de 1810 un caractère de propriété incommutable qu'elle avait depuis longtemps perdu.

D'après la loi de 1791, la cessation de travaux pendant une année, à moins que cette interruption n'eût une cause légitime et ne fût approuvée par l'autorité, était une cause d'annulation de la concession.

Pareillement, sous l'ancienne législation il était reconnu que le souverain, lorsqu'il accordait une concession de mines, avait toujours le droit, que cela fût exprimé ou non dans l'arrêt, de la révoquer et de la transmettre à un autre, si le titulaire n'exploitait pas.

---

(1) *Annales des mines*, 3e série, tome XVIII, page 758.

Divers arrêts, celui de 1604 notamment, portant règlement en fait de mines, avaient confirmé ce principe.

Les mines de Bahours offraient elles-mêmes un exemple de l'application de ces règles. Déjà en 1737, six années avant la concession faite à MM. Meuron et Marguerit, les divers gîtes de cette contrée avaient été concédés. Le titulaire en délaissa l'exploitation. C'est alors que MM. Meuron et Marguerit se présentèrent, et que l'arrêt de 1743, leur accorda en ces termes la permission de reprendre cette exploitation :

« Le roi étant en son conseil, sans avoir égard au brevet » accordé le 27 janvier 1737, au sieur Ozée François Turcot, que S. M. a révoqué et révoque, a permis et permet » aux sieurs Pierre Henri Meuron, François Auguste et » Étienne Marguerit frères, associés, leurs hoirs et ayants » cause, de continuer à exploiter les mines de Bahours, » de Combettes, de Montmirat et d'Espagnac, situées en » Gevaudan, en se conformant par eux à ce qui est prescrit » par les édits, déclarations, arrêts et règlements, etc. »

Les mines des Combettes, de Montmirat et d'Espagnac, comprises dans cet arrêt, sont situées dans des localités fort éloignées, à plusieurs lieues au delà, et elles n'ont jamais été exploitées à Bahours; il n'existait en 1746 qu'une seule galerie en activité. Des commissaires envoyés par le gouvernement trouvèrent tous les autres ouvrages noyés et comblés, tous les bâtiments détruits, le terrain remis en culture. Depuis cette époque l'abandon de ces mines était demeuré complet. Seulement, d'anciens documents ont fait connaître qu'en 1769 une société, dite la compagnie Sonnerat, en ayant demandé la concession, MM. Meuron et Marguerit et M. de Framond leur associé formèrent opposition. Mais ils ne reprirent pas les travaux, et si la demande de la compagnie Sonnerat ne fut point accueillie, c'est uniquement parce que cette société ne justifiait pas de ressources pécuniaires suffisantes. Enfin quelques années après, de nouveaux commissaires reçurent mission d'examiner s'il n'y aurait pas quelques moyens de remettre ces mines en valeur pour le compte du gouvernement. Aucune suite ne fut donnée à leur rapport, mais il constata le même abandon.

On ne pouvait évidemment, en cet état de choses, appliquer le bénéfice de l'article 51 de la loi de 1810, à cette

ancienne concession qui était délaissée depuis plus de soixante années lors de la promulgation de cette loi, et qui n'avait jamais été délimitée, n'avait été l'objet que de quelques extractions passagères il y a près d'un siècle.

On ne pouvait pas davantage lui appliquer l'article 53, relatif aux anciennes exploitations, puisque depuis longtemps il n'existait nul vestige de travaux sur ces mines.

C'était une concession nouvelle qu'il s'agissait d'instituer de la manière qui conviendrait le mieux à l'intérêt public.

S'il pouvait en être autrement à l'égard de ces anciennes mines délaissées, si on n'était point libre de les concéder de nouveau, il deviendrait souvent impossible de les remettre en valeur. En effet, les tiers qui voudraient en reprendre l'exploitation se trouveraient alors obligés de traiter avec les anciens titulaires. Mais ceux-ci, après un si long intervalle, ont, pour la plupart disparu. Les uns sont décédés, les autres ont transféré ailleurs leur domicile. On ignore leur résidence ou celle de leurs représentants ou héritiers. Divers actes de cession ont pu être faits, que le temps a détruits. Comment reconnaître, au milieu de toutes ces difficultés, quels seraient les véritables ayants droit. Quelles que fussent ces difficultés, il faudrait sans doute les subir, si telle était la volonté de la loi; mais il n'en est point ainsi. La loi a voulu seulement garantir les intérêts des anciens concessionnaires et exploitants en les maintenant lorsqu'ils se trouvaient en possession et en jouissance à l'époque où elle est intervenue. On ne pouvait lui demander davantage. Quant à ceux qui avaient délaissé leurs exploitations, qui n'ont obtempéré ni à ses prescriptions ni à celles de la loi de 1791, ils sont, par le fait, déchus; leurs concessions sont périmées.

C'est ce qui a été décidé dans l'affaire des mines de Bahours.

Deux projets d'ordonnances tendant à partager ces gîtes, suivant les limites ci-dessus indiquées, ont été proposés et adoptés par le conseil d'état.

Le conseil venait de délibérer, lorsque MM. de Sales et de Ligonnès ont fait parvenir une déclaration annonçant que M. de Ligonnès se réunissait à M. de Chambrun et que M. de Sales retirait sa demande.

Il n'y avait plus lieu dès lors de donner suite aux deux premiers projets. Une seule société existait à la place de plusieurs concurrents : on n'aurait pu comprendre parmi les titulaires celui qui renonçait à l'être.

Il y avait seulement à examiner s'il convenait toujours de faire deux concessions qui auraient appartenu à la même société, ou bien de n'en plus former qu'une seule de l'ensemble du terrain.

Le partage avait été particulièrement proposé parce que jusqu'alors les concurrents n'avaient pu parvenir à s'entendre, et le terrain pouvant se prêter à une division, il avait paru juste d'en former deux lots.

Si, en thèse générale, un partage est avantageux en ce qu'il oblige à tenir les travaux en activité dans chacune des concessions, cependant lorsque l'étendue n'est pas trop considérable, la réunion a aussi son utilité, dont le public profite comme le concessionnaire. Les frais d'administration devenant moindres, les produits, moins coûteux à obtenir pour l'exploitant, peuvent être livrés à plus bas prix aux consommateurs.

Ces motifs ont déterminé à comprendre le terrain de Bahours dans une seule concession, qui a été accordée, par ordonnance royale du 9 juin 1841 (1), à MM. de Chambrun et de Ligonnès.

Mais cette concession leur a été donnée à titre de concession nouvelle. L'ancien arrêt de 1743, qui avait disposé de ces mines, a été considéré comme non avenu. Un droit a été attribué, par l'ordonnance, aux propriétaires du sol sur le produit des mines concédées, tandis qu'aux termes des articles 51 et 53 de la loi de 1810, *il n'y aurait eu* à régler aucune redevance de cette nature s'il se fût agi d'une concession ancienne à régulariser et à délimiter. L'ordonnance a visé l'arrêt de 1743, en constatant en même temps le fait de péremption résultant de l'inexploitation de ces mines.

Ainsi il demeure décidé que les articles 51 et 53 de la loi de 1810 ne s'appliquent qu'aux anciennes concessions

---

(1) Voir cette ordonnance, tome XIX des *Annales des mines*, 3e série, page 791.

ou exploitations dont les travaux étaient en activité à l'époque de la promulgation de cette loi, et que pour les autres mines qui se trouvaient déjà inexploitées à cette époque, les anciennes concessions qui en auraient été faites autrefois ne mettent point obstacle à ce qu'on les concède aujourd'hui de nouveau.

Mines. — Redevance aux propriétaires du sol.

Quand une propriété a été vendue sans réserve de tréfonds, quand il n'y a pas de disposition préexistante, l'acquéreur a droit à la redevance que les concessionnaires sont tenus de payer aux propriétaires de la surface.—Le vendeur n'y peut en rien prétendre. Le fait d'une ancienne exploitation provisoire ne lui donne aucun titre à cette redevance.

La disposition des mines n'a pu, dans tous les temps, sauf l'exception momentanée apportée par l'arrêt du 13 mai 1698, en ce qui concernait les gîtes de houille, résulter que d'un acte de concession octroyé par le souverain. La loi de 1791 accordait la préférence aux propriétaires du sol; mais ces derniers avaient besoin, comme tous autres, d'une concession pour exploiter dans la profondeur, et elle ne leur était accordée que s'ils possédaient une propriété d'une étendue suffisante pour une exploitation utile. La loi du 21 avril 1810 a établi d'une manière encore plus complète la séparation de la propriété souterraine de celle de la surface. Seulement, par forme de transaction avec le principe posé par l'article 552 du Code civil, que la propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous, elle a attribué aux propriétaires de la surface un droit de redevance sur le produit des mines concédées. Aux termes de l'article 18, la valeur de ce droit demeure réunie à la valeur de la surface et est affectée avec elle aux hypothèques qui seraient prises par les créanciers du propriétaire. La mine, du moment qu'elle est concédée, devient,

d'après l'article 19, une propriété tout à fait distincte de la superficie, un bien nouveau sur lequel des hypothèques peuvent être assises indépendamment de celles qui auraient été prises sur la surface et la redevance. Et si c'est le propriétaire du sol qui obtient la concession, on règle pareillement, d'après le même article 19, la redevance qui doit lui être attribuée, attendu qu'il est dès lors considéré comme propriétaire de deux biens entièrement séparés.

Il suit de ces dispositions que lorsqu'un propriétaire vend son terrain, ou quand, par l'effet d'une saisie immobilière, ce terrain passe entre les mains de son créancier, le droit à la redevance sur le produit des mines qui existeraient dans le tréfonds est dévolu au nouveau propriétaire, de même que l'immeuble vendu ou saisi.

Et cela doit avoir lieu encore bien que l'ancien possesseur eût déjà commencé à exploiter le gîte minéral et eût même reçu une permission provisoire. Car tant qu'il n'a pas obtenu la concession, la mine n'est pas sa propriété; le seul droit qui lui appartienne, c'est le droit à la redevance. Ce droit, il peut sans doute se le réserver ou le céder à un tiers; mais s'il n'a pas fait de telles conventions, s'il n'y a pas de séparation préexistante, il le perd dès qu'il aliène son terrain ou que ce terrain devient la possession de ses créanciers; ce sont ces derniers ou l'acheteur qui en héritent.

Les tribunaux ont jugé en ce sens dans l'espèce suivante.

M. Dubouchet était propriétaire, dans la commune de St-Paul-en-Jarret, département de la Loire, d'un terrain dans lequel existe une mine de houille. Il s'était associé en 1809 avec quelques personnes pour exploiter cette mine, et avait obtenu du préfet une permission provisoire. On se trouvait alors sous l'empire de la loi du 28 juillet 1791, dont l'article 8 portait que les concessions ou permissions d'exploiter seraient accordées par le département, sur l'avis du directoire du district, et ne seraient exécutées qu'après avoir été approuvées par le gouvernement. M. Dubouchet ne se mit point en mesure d'obtenir cette approbation qui était nécessaire pour valider sa permission. En 1812 son domaine fut saisi pour dettes, et adjugé à l'un de ses créanciers, M. Berlier.

Ni dans le procès-verbal de saisie, ni dans le jugement

d'adjudication, il ne fut fait mention, ni par conséquent réserve du droit de tréfonds.

En 1825, un grand nombre de concessions furent instituées dans le bassin houiller de la Loire. La mine dont il s'agit fut comprise dans ces concessions et accordée à une compagnie dont M. Berlier, dernier propriétaire du domaine de M. Dubouchet, faisait partie.

M. Dubouchet prétendit avoir droit à la redevance que l'acte de concession avait réglée au profit des propriétaires du sol. Il s'appuyait sur ce qu'avant que son domaine eût été saisi et adjugé à M. Berlier, il avait formé une association pour exploiter la mine, et reçu une permission provisoire; qu'il avait ainsi acquis des droits sur le gîte minéral. Il en concluait que la propriété de la mine avait été séparée de la superficie antérieurement à la saisie, et que par conséquent celle-ci n'avait point compris le tréfonds et les droits qui y étaient attachés.

M. Berlier soutint au contraire que c'était à lui à percevoir la redevance puisque le terrain lui appartenait.

Un premier jugement décida en sa faveur.

M. Dubouchet appela devant la cour royale de Lyon, qui statua comme les premiers juges, attendu en droit « que la saisie d'un immeuble, à moins d'énonciation con- » traire ou de séparation préexistante, s'applique au tré- » fonds comme à la superficie; que vainement, dans l'es- » pèce, on articulait l'existence de la séparation du tréfonds » d'avec la superficie; que cette séparation ne pouvait » résulter ni de la concession provisoire accordée par le » préfet de la Loire, ni des actes d'association produits dans » la cause; qu'en effet l'efficacité de la prétendue concession » dépendait, d'après les termes mêmes de son obtention, » de l'approbation du gouvernement, approbation qui » n'avait été ni obtenue ni demandée. »

M. Dubouchet s'est pourvu en cassation, en soutenant qu'il y avait eu violation de l'article 552 du Code civil et des dispositions des lois des 28 juillet 1791 et 21 avril 1810. Ce pourvoi a été rejeté par un arrêt du 14 juillet 1840, ainsi conçu :

« La cour,

» Attendu que l'arrêt attaqué *n'a point décidé d'une* » *manière absolue que la propriété du sol emporte la pro-* » *priété du dessus et du dessous*, mais seulement que la » saisie d'un immeuble, à moins d'énonciation contraire

» ou de séparation préexistante, comprenait le tréfonds
» comme la superficie;

» Attendu en fait que les demandeurs conviennent que
» ni dans le procès-verbal de saisie, ni dans le cahier des
» charges, ni dans le jugement d'adjudication qui a con-
» féré la propriété de l'immeuble saisi, il n'est fait mention
» et par conséquent réserve du tréfonds; que l'arrêt atta-
» que déclare encore, en fait, et après examen des titres des
» parties, qu'il n'a point existé de séparation antérieure à
» ladite adjudication entre la propriété de la superficie et
» celle du tréfonds, et que la mine de houille contenue
» dans ledit tréfonds n'avait pas été non plus encore l'objet
» d'une concession définitive antérieure à ladite époque;

» Attendu qu'en décidant, dans un pareil état de choses,
» que, par l'adjudication du 6 août 1812, ledit Berlier
» était devenu propriétaire, non-seulement du sol, mais en-
» core du tréfonds, l'arrêt attaqué a fait la plus juste appli-
» cation de l'article 552 du Code civil, et n'a point violé les
» articles indiqués de la loi du 28 juillet 1791 et de celle
» du 21 avril 1810, rejette etc. »

L'article 552 du Code civil dispose que la propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous; que le propriétaire peut faire au-dessous toutes les constructions et fouilles qu'il juge à propos, et tirer de ces fouilles tous les produits qu'elles peuvent fournir, sauf les modifications résultant des lois et règlements relatifs aux mines et des lois et règlements de police.

On ne pourrait donc pas dire, ainsi que la cour de cassation le remarque avec raison dans son arrêt, que la propriété du sol emporte d'une manière absolue la propriété du dessus et du dessous. Cela serait contraire et au Code civil et à la législation spéciale sur la matière (1).

---

(1) Voir à ce sujet un autre arrêt fort explicite de la cour de cassation, du 7 août 1739, inséré dans le tome XVI des *Annales des mines*, p. 702 et suiv. Voir aussi l'arrêt rapporté ci-après, p. 658, l'ordonnance royale du 16 avril 1841, insérée page 675, et les observations qui se rapportent à cette ordonnance, page 637 et suiv. Il résulte positivement des divers monuments de la législation et de la jurisprudence que tant que la mine n'est pas concédée, nul ne peut s'en attribuer la propriété; qu'au gouvernement seul appartient le droit de disposer des produits qui auraient été extraits avant la concession, et de régler la redevance des propriétaires de la surface sur ces produits, de même que sur ceux qui proviennent des mines concédées.

Les auteurs du *Recueil général des lois et des arrêts*, en rendant

Mais le droit à la redevance sur le produit des mines concédées est attribué au propriétaire du sol en sa qualité même de propriétaire du terrain.

Il est clair que la vente d'une propriété territoriale comprend, à moins de stipulation contraire, le fonds et le tréfonds avec tous les droits qui y sont attachés, tels qu'ils se poursuivent et comportent d'après la loi.

Une expropriation forcée a le même effet qu'une vente volontaire; le créancier adjudicataire a, sur le bien saisi à son profit, les mêmes droits que celui qui serait simple acquéreur.

M. Dubouchet n'était pas propriétaire de la mine, puisque la concession ne lui en avait point été accordée par le gouvernement. Il avait seulement un droit éventuel à la redevance sur le produit de cette mine; et dès qu'il ne l'avait point cédé antérieurement aux hypothèques prises par son créancier et à la saisie de son domaine, ce droit passait au nouveau propriétaire, au créancier adjudicataire.

Il appartenait donc à M. Berlier.

Mines. — Exploitation.

Le concessionnaire d'une mine n'est pas tenu d'exploiter à la fois dans toute l'étendue de la concession. — Le propriétaire de la surface n'est pas en droit de réclamer des indemnités à raison

---

compte de l'arrêt qui est le sujet de cet article, l'analysent dans les termes suivants : « La saisie d'un immeuble, et par suite l'adjudication » de cet immeuble, comprend, à moins d'énonciation contraire ou » de séparation préexistante, le tréfonds comme la superficie, et con- » séquemment la propriété de la mine qui se trouve dans le tréfonds, » ou le droit à l'indemnité due par celui qui devient concessionnaire » de cette mine. » Cette énonciation sommaire n'a pas fait les distinctions que nous croyons essentielles dans l'intérêt des principes : le droit à la redevance appartient sans conteste, dans les circonstances ci-dessus rappelées, à l'acquéreur du terrain qui renfermait la mine; mais la propriété même de cette mine ne pouvait résulter que de la concession.

du chômage de l'exploitation, autorisé par l'administration.

Les concessionnaires de la mine de Collenon, dans le département de la Loire, ont demandé l'autorisation de laisser en chômage le champ d'exploitation qui communique au jour par le puits de *Saint-Irénée.* Cette demande était fondée sur l'infériorité de la qualité du combustible, sur le prix de revient trop élevé, et sur les circonstances commerciales qui s'opposaient à ce que les travaux fussent suivis avec avantage. Le préfet, après une instruction régulière et complète, a accordé la permission sollicitée, attendu « qu'au fond il n'existait pas de motif » grave d'intérêt public qui pût porter l'administration » à faire cesser l'interruption des travaux. »

Un propriétaire du sol, le sieur Michel, a réclamé contre cette suspension. La cour royale de Lyon, saisie du débat élevé entre lui et les concessionnaires, a rendu, le 3 juin 1841, l'arrêt suivant :

« La cour..... — Sur le chef relatif au chômage du puits Saint-Irénée, et aux dommages-intérêts prétendus à ce sujet; — attendu, quant à la compétence, qu'en cas de chômage de l'exploitation d'une mine, l'autorité judiciaire et l'autorité administrative ont chacune une compétence séparée et bien distincte : à l'administration, chargée seule de la surveillance et de la direction des mines, appartient le droit de prononcer sur la nécessité ou l'opportunité du chômage ; aux tribunaux appartient celui de statuer sur les dommages-intérêts auxquels peut donner lieu une suspension indue des travaux d'exploitation ; — attendu que l'action intentée par Michel a précisément pour objet d'obtenir des dommages-intérêts à raison du chômage prétendu illégitime de l'un des puits de la concession de Collenon ; qu'ainsi, cette action tombe évidemment sous la juridiction des tribunaux ; et qu'en refusant de s'en saisir, le tribunal de Saint-Etienne a méconnu sa propre compétence ;

Au fond. — Attendu que les intimés représentent un arrêté de M. le préfet de la Loire, du 9 octobre 1840, lequel autorise le chômage du puits dit de Saint-Irénée; — attendu, dès lors, qu'on ne saurait asseoir une condamnation à des dommages-intérêts sur un fait régulièrement autorisé par l'autorité compétente, sauf à l'appe-

lant à se pourvoir par les voies légales pour faire rapporter, s'il y a lieu, l'arrêté approbatif du chômage;

Relativement *aux dépens* : — Attendu que si l'appelant n'avait, dès le principe, aucun motif légitime d'exécuter le premier chef de sa demande, on n'en saurait dire autant du second; — qu'en effet, aux termes de l'ordonnance de concession, les concessionnaires, s'ils suspendent en tout ou en partie leurs travaux d'exploitation, sont tenus d'obtenir immédiatement une autorisation administrative, et de la notifier dans le délai de huitaine aux propriétaires de la surface; — attendu que, dans l'espèce, les concessionnaires de Collenon ont laissé s'écouler plus de deux ans avant d'obtenir l'autorisation dont ils avaient besoin, et qu'ils ne justifient pas même qu'ils l'aient notifiée aux intéressés, lesquels prétendent ne l'avoir connue qu'à l'audience; — attendu que la juste peine de leur négligence doit consister dans une peine partielle aux dépens de l'instance; — qu'en effet, tant que l'autorisation de chômage n'était pas rendue, et même tant qu'elle n'était pas légalement notifiée, l'appelant avait un juste motif de réclamer contre un chômage irrégulier, soit auprès de l'administration, pour le faire cesser, soit auprès des tribunaux pour obtenir des dommages-intérêts; — par ces motifs, infirmant, dit que l'action en dommages-intérêts de l'appelant a été régulièrement et compétemment soumise à l'autorité judiciaire; — et faisant droit sur icelle au fond, la déclare mal fondée en l'état et la rejette; — ordonne que les dépens seront mis en masse, et que le dixième sera supporté par le sieur Michel, et que les neuf autres dixièmes resteront à la charge des intimés.

Le sieur Michel a porté ensuite devant l'administration supérieure une nouvelle réclamation contre le chômage du puits Saint-Irénée; elle a été rejetée. On a considéré que le chômage avait été autorisé régulièrement par le préfet; que les concessionnaires exploitaient sur plusieurs autres points de la concession, de manière à fournir aux besoins des consommateurs; que dès lors l'intérêt public n'exigeait nullement que les concessionnaires fussent astreints pour le moment à remettre en activité un champ d'exploitation où l'extraction de la houille présente moins d'avantage que dans les autres parties de leurs travaux : que l'intérêt qu'un propriétaire peut avoir à

ce qu'on exploite dans son terrain, afin de profiter de la redevance qui est attribuée aux propriétaires de la surface à raison du produit des mines, n'est pas un motif suffisant pour obliger le concessionnaire à entreprendre à perte de pareils travaux.

Déjà, en 1829, des réclamations analogues avaient été portées devant l'administration à l'occasion du chômage de ce même puits Saint-Irénée, autorisé également par le préfet. L'administration les avait jugées inadmissibles, comme elle l'a fait de nouveau en 1841.

La loi du 21 avril 1810 a prévu le cas où, par le fait de l'inexploitation des mines, le consommateur verrait ses besoins compromis. L'art. 49 chargeait l'administration de prendre alors les mesures qui seraient jugées convenables. La loi du 27 avril 1838 a complété cet art. 49, par la disposition qui autorise le retrait des concessions dans les circonstances qu'il indique. Le législateur s'est préoccupé avec raison des besoins du consommateur, et il n'a pas voulu que l'inertie ou l'insouciance des concessionnaires mît un obstacle à ce que la société profitât des richesses souterraines qui sont concédées avant tout en vue de l'intérêt public. Le principe était posé par la nature des choses avant de l'être par la loi de 1810 ; la loi de 1838 a donné à cet égard la sanction que l'expérience avait rendue nécessaire. L'administration est armée du pouvoir qui lui avait manqué jusque-là ; mais ce pouvoir, elle ne doit évidemment l'exercer que là où il y a nécessité publique à ce qu'il en soit ainsi ; et il est bien manifeste que rien de semblable ne se présentait dans l'affaire que nous venons de rappeler. Obliger les concessionnaires, lorsque *le* besoin de la consommation n'était pas compromis, à continuer une exploitation onéreuse, et qui n'eût profité qu'au propriétaire de la surface, c'eût été de l'arbitraire et de l'injustice. C'eût été faire des lois sur la matière une application fort mal entendue. L'administration a dû s'y refuser ; et l'on voit qu'elle s'est trouvée ici parfaitement d'accord avec l'autorité judiciaire.

MINES. — CHEMINS DE FER.

Une indemnité est due à des concessionnaires de mines quand, par suite de l'établissement d'un chemin de fer, on leur interdit, pour la solidité des travaux, d'exploiter certains massifs de leur concession.

Nous avons rendu compte (*Annales des mines*, 3e série, tome XV, page 672 et suiv.) des contestations auxquelles a donné lieu, entre la compagnie du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon et les concessionnaires des mines de houille de Couzon, l'interdiction faite à ces derniers d'exploiter sous la partie du chemin qui traverse leur concession.

La cour de cassation avait annulé, le 18 juillet 1837, l'arrêt de la cour royale de Lyon, qui déclarait n'y avoir lieu à indemnité, de la part de la compagnie du chemin de fer, envers les concessionnaires. La cause avait été renvoyée devant la cour royale de Dijon. Cette cour avait jugé comme celle de Lyon, et un nouveau pourvoi en cassation était formé.

C'est dans cet état de l'affaire que nous en avons rendu compte. Il nous a paru qu'une indemnité était due aux concessionnaires, et nous avons exprimé les motifs de cette opinion.

Aux termes de la loi du 1er avril 1837, lorsque, après la cassation d'un premier arrêt, le deuxième arrêt ou jugement en dernier ressort, rendu dans la même affaire entre les mêmes parties, est attaqué par les mêmes moyens, la cour de cassation prononce, toutes les chambres réunies. Et alors, si la sentence est cassée pour les mêmes motifs que la première, la cour ou le tribunal auxquels l'affaire est renvoyée est tenu de se conformer, sur le point de droit, à la décision de la cour de cassation.

Le pourvoi des concessionnaires de Couzon se trouvant dans le cas prévu par cette loi, la cause a été plaidée devant toutes les chambres assemblées.

M. Dupin, procureur général, a résumé, dans un éloquent réquisitoire, les considérations qui avaient été invoquées de part et d'autre; et, partageant l'opinion des

cours de Lyon et de Dijon, il l'a développée et soutenue avec toute la supériorité de son talent.

La cour de cassation n'a point toutefois accueilli cette opinion. Elle a adopté les motifs qui avaient déjà déterminé la chambre civile dans sa décision du 18 juillet 1837; et par un arrêt, en date du 3 mars 1841, elle a statué ainsi qu'il suit :

« La cour,

» Ouï M. Isambert, conseiller, en son rapport, Mᵉ Cotfinières, avocat des demandeurs, Mᵉ Piet, avocat des défendeurs, en leurs observations, et M. Dupin, procureur général, en ses conclusions;

» Après en avoir délibéré en la chambre du conseil;

» Vu l'art 9 de la charte constitutionnelle et l'art. 545 du Code civil relatif à l'indemnité due à ceux qui sont dépossédés de leur propriété pour cause d'utilité publique;

» Vu aussi l'article 1382 du Code civil, d'après lequel tout fait quelconque de l'homme qui cause à autrui un dommage oblige celui par la faute duquel il est arrivé à le réparer;

» Vu enfin l'article 7 de la loi du 21 avril 1810, sur les mines;

» Attendu que, par dérogation à l'article 552 du Code civil(1), cet article 7 déclare que les concessions de mines en confèrent la propriété perpétuelle; que cette propriété est disponible et transmissible comme les autres immeubles, dont nul ne peut être exproprié que dans les cas et selon les formes prescrites pour les autres propriétés, conformément au Code civil, c'est-à-dire sans indemnité;

» Attendu que tout propriétaire a droit à cette indemnité, non-seulement lorsqu'il est obligé de subir l'éviction entière de sa propriété, mais aussi lorsqu'il est privé de sa jouissance et de ses produits, pour cause d'utilité publique; que seulement dans ce cas l'indemnité n'est pas préalable;

» Attendu que la concession d'une mine a pour objet l'exploitation de la matière minérale qu'elle renferme; que le concessionnaire auquel cette exploitation est interdite, pour un fait à lui étranger, sur une partie du périmètre de la mine, pour un temps indéterminé, est privé des pro-

(1) Voir ci-dessus, page 652.

duits de sa propriété, et éprouve une éviction véritable, dont il doit être indemnisé;

» Attendu qu'à la vérité l'article 50 de la loi du 21 avril 1810 confère à l'autorité administrative le droit de pourvoir, par des mesures de sûreté publique, à la conservation des puits, à la solidité des travaux de la concession, et à la sûreté des habitations de la surface;

» Mais que cette disposition n'altère en rien le droit de propriété du concessionnaire, et ne lui impose pas l'obligation de subir la perte d'une partie de sa concession, à raison de la création d'un établissement nouveau, sans cette juste indemnité;

» Attendu que si, nonobstant la concession de la mine, les droits inhérents à la propriété de la surface restent entiers, conformément à l'article 544 du Code civil, il ne s'ensuit pas que le propriétaire de la surface ait le droit de pratiquer des travaux nuisibles à l'exploitation, dans l'étendue de son périmètre;

» Et attendu qu'il n'est pas dénié, en fait, par l'arrêt attaqué, que la compagnie du chemin de fer, dont la concession d'ailleurs est postérieure à l'établissement de la mine, a poussé ses travaux dans le périmètre de la mine, sans que cette concession ait été soumise à aucune réserve en faveur du parcours du chemin de fer; que dès lors ladite compagnie aurait porté une atteinte directe à l'exploitation de la mine; qu'elle se serait donc rendue passible d'une indemnité à évaluer, à raison d'une éviction dont elle profiterait, et d'une interdiction qui n'aurait pas été prononcée par l'autorité administrative, si cette voie nouvelle n'avait été établie;

» Que néanmoins l'arrêt attaqué a refusé aux demandeurs toute action en indemnité, au sujet des interdictions prononcées par l'arrêté préfectoral du 25 novembre 1829; qu'en jugeant ainsi, cet arrêt a faussement appliqué l'article 552 du Code civil, mal interprété l'article 50, et formellement violé l'article 7 de la loi du 21 avril 1810, ainsi que les articles 545 et 1382 du Code civil et l'article 9 de charte constitutionnelle;

» Par ces motifs, la cour casse et annule l'arrêt rendu, le 25 mai 1838, par la cour royale de Dijon, remet les parties au même et semblable état où elles étaient auparavant;

» Et pour être statué de nouveau sur l'appel du jugement du tribunal civil de Saint-Étienne du 31 août 1833, renvoie la cause et les parties devant la cour royale de Grenoble, etc.»

Ainsi est désormais fixé par l'autorité de la cour suprême, comme il l'était par l'administration, le principe qu'une indemnite est due à des concessionnaires de mines, quand, par suite de l'établissement d'un chemin de fer, ils sont privés, pour cause d'utilité publique, d'une portion quelconque de leur concession.

C'est ce principe que nous avions essayé de soutenir.

MINIÈRES DE FER.

Les déclarations pour exploiter, présentées en vertu de l'article 59 de la loi du 21 avril 1810, ne doivent être admises, quand elles sont produites par des tiers se disant aux droits du propriétaire, qu'autant que le mandat n'est point contesté.

Madame de Lavieuville, propriétaire des forges de Villerupt, avait obtenu en 1839, dans les minières d'Aumetz, département de la Moselle, une démarcation de terrain à mine, en remplacement d'une affectation précédente qui se trouvait épuisée.

La permission portait que la nouvelle exploitation ne pourrait commencer qu'après que les indemnités dues à la commune d'Aumetz, propriétaire du sol, pour l'ancienne démarcation épuisée, auraient été acquittées.

La fixation de ces indemnités ayant donné lieu à des discussions entre les parties et nécessité une expertise, MM. Pacotte frères, devenus fermiers des forges de Villerupt, n'ont pu, pendant que ces contestations avaient lieu, entreprendre l'exploitation. Ils ont exposé au préfet qu'ils se trouvaient sur le point de manquer de minerai, et ils ont demandé, comme étant, en vertu de leur bail, subrogés aux droits de madame de Lavieuville, à extraire

dans un bois qui lui appartient et que l'on appelle le bois de Bockholtz.

Le préfet, par un arrêté du 5 février 1840, leur a donné acte de cette demande, pour valoir, conformément à l'article 59 de la loi du 21 avril 1810, permission d'exploiter.

Madame de Lavieuville a formé opposition, en contestant que le bail dont ses fermiers s'autorisaient leur donnât le droit d'extraire dans ce terrain.

Par un second arrêté du 16 mai, le préfet a maintenu son premier arrêté, sauf à madame de Lavieuville à se pourvoir devant l'autorité judiciaire pour faire interpréter le bail.

Madame de Lavieuville a réclamé auprès du ministre contre ces deux arrêtés.

Le conseil général des mines a été d'avis d'accueillir la requête.

Les règles relatives à ces exploitations de minerais ont été rappelées dans un arrêté du ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, du 12 juin 1837. Nous avons déjà indiqué les motifs de ces dispositions (1). Les demandes ou déclarations qui sont formées pour l'extraction du minerai par des tiers, agissant comme cessionnaires du propriétaire du terrain, peuvent être admises, à la condition qu'elles soient accompagnées de pièces authentiques attestant qu'ils ont reçu de ce propriétaire le mandat de produire en son nom la déclaration qu'exige l'article 59 de la loi du 21 avril 1810. Dans ce cas, le préfet peut donner acte de la déclaration, ce qui, aux termes dudit article, vaut permission d'exploiter. Mais cette permission n'est donnée aux cessionnaires qu'en leur qualité de représentants du propriétaire; ce n'est qu'à ce titre qu'on reçoit leur intervention. Par conséquent, du moment que le propriétaire conteste le mandat, il n'y a plus lieu de délivrer la permission.

Les maîtres de forges peuvent, en vertu des articles 59 et 60 de la loi, obtenir, sur le refus du propriétaire, l'autorisation d'exploiter à sa place; mais alors ce n'est plus

(1) *Annales des mines*, 3ᵉ série, tome XI, pag. 628 et suiv.

comme étant aux droits du propriétaire, c'est comme possesseurs d'usines que cette autorisation leur est donnée.

Or, dans l'espèce, madame de Lavieuville soutenait que le bail des forges de Villerupt ne conférait nullement à ses fermiers le droit de se mettre en son lieu et place pour présenter la déclaration voulue par l'article 59. C'est avec raison que le préfet avait pensé que l'administration n'était pas compétente pour interpréter les clauses du bail; les questions de ce genre sont en effet uniquement du ressort des tribunaux. Mais par cela même, et puisque la qualité de représentants du propriétaire était contestée à MM. Pacotte, la déclaration produite par ces derniers pour exploiter ne pouvait être admise. Il fallait, s'ils avaient besoin du minerai renfermé dans le bois de Bockholtz, qu'ils remplissent les formalités exigées par l'article 60 de la loi, afin de mettre madame de Lavieuville en demeure de leur fournir ce minerai, et d'obtenir ensuite, s'il y avait lieu, la permission d'exploiter eux-mêmes.

Les deux arrêtés du préfet de la Moselle, des 5 février et 16 mai 1840 ont, d'après ces considérations, et conformément à l'avis du conseil des mines, été annulés par décision du ministre des travaux publics, du 21 juin 1841; et MM. Pacotte frères ont en même temps été renvoyés à se pourvoir, ainsi qu'il est prescrit en l'article 60 de la loi du 21 avril 1810.

Usines.—Régime des eaux.

La seconde enquête indiquée par la circulaire du 16 novembre 1834, n'est point indispensable dans tous les cas.

Le comité des travaux publics, de l'agriculture et du commerce du conseil d'état, dans un avis du 13 avril 1841, relatif à une demande de MM. Jacquot frères, pour l'établissement d'un bocard et d'un patouillet dans la commune de Rachecourt-sur-Marne (Haute-Marne), avait pensé qu'avant de donner suite à cette demande il convenait de

faire faire une seconde enquête en ce qui concerne le régime des eaux.

M. le ministre des travaux publics a fait remarquer que cette enquête ne paraissait pas nécessaire ici. Il a présenté à ce sujet, le 22 mai 1841, les observations suivantes :

« Dans l'espèce, le régime des eaux a été fixé par une ordonnance précédente, en date du 24 octobre 1838, qui a autorisé MM. Jacquot frères à établir un haut-fourneau dans cette localité. Le procès-verbal de réception des travaux hydrauliques, en date du 10 août 1840, a constaté que l'ordonnance du 24 octobre 1838, avait été fidèlement exécutée. Les demandeurs ont annoncé qu'en construisant le bocard et le patouillet nouveaux, ils conserveraient ce régime, et leur déclaration n'a éprouvé de la part des tiers aucune contradiction lors de l'enquête qui a eu lieu.

» Ceux-ci connaissent donc parfaitement le projet des demandeurs, et ils y donnent leur assentiment.

» Les ingénieurs des ponts et chaussées ont proposé dans leurs conclusions le maintien des choses ; et, en définitive, les conditions insérées dans le projet d'ordonnance pour le règlement d'eau de l'usine, sont littéralement empruntées à l'ordonnance du 24 octobre 1838.

» Il n'y a point de loi ni de règlement général qui exige impérieusement la seconde enquête. Cette formalité indiquée par l'administration, dans une circulaire du 16 novembre 1834, est sans contredit très-utile dans les circonstances pour lesquelles on l'a prescrite ; mais si on l'appliquait indistinctement et sans nécessité absolue, il en résulterait des retards qu'il convient d'éviter.

» Le but de la circulaire de 1834 a été surtout, comme elle-même l'explique, de mettre le public à portée de connaître les changements qui peuvent être proposés par les ingénieurs relativement au régime des eaux. On a voulu que les tiers pussent faire leurs observations, et que l'ordonnance n'intervînt qu'après que tous les intérêts auraient été appelés ainsi à se faire entendre à toutes les phases de l'affaire. Ici nulle modification n'est faite à la demande, celle-ci est parfaitement connue. Elle a été affichée et publiée. Nulle réclamation n'est survenue. La seconde enquête ne servirait donc qu'à mettre une seconde fois les parties intéressées en demeure de présenter leurs observations sur le même projet. Je pense avec le conseil des ponts et chaus-

sées que cela serait inutile. L'instruction est complète et régulière. L'ordonnance à intervenir ne pourrait être attaquée par les tiers pour cause d'omission de cette seconde enquête, puisque par la première ils ont été mis en demeure de s'expliquer sur les dispositions que cette ordonnance doit consacrer, et que nul changement n'est fait au projet dont ils ont eu connaissance.

» J'ajouterai, en raisonnant par analogie, que la loi sur l'expropriation pour cause d'utilité publique, récemment votée par les chambres, vient de consacrer un principe semblable, en supprimant le dépôt des pièces à la préfecture toutes les fois que la commission d'arrondissement ne propose aucun changement au tracé dont le plan a été déposé une première fois. »

D'après les considérations qui précèdent, le comité des travaux publics et le conseil d'état ont adopté le projet d'ordonnance tel que le ministre l'avait proposé.

Maîtres de forges. — Chemins vicinaux.

Un maître de forges ne doit pas être imposé à la prestation en nature pour ses employés, chefs d'ateliers et maîtres ouvriers.

L'art. 3 de la loi du 21 mai 1836, sur les chemins vicinaux, porte : « Tout habitant, chef de famille ou d'établissement, à titre de propriétaire, de régisseur, de fermier ou de colon partiaire, porté au rôle des contributions directes, pourra être appelé à fournir, chaque année, une prestation de trois jours :

1° Pour la personne et pour chaque individu mâle, valide, âgé de dix-huit ans au moins et de soixante ans au plus, membre ou serviteur de la famille, et résidant dans la commune ;

2° Pour chacune des charrettes ou voitures attelées, et, en outre, pour chacune des bêtes de somme, de trait, de selle, au service de la famille ou de l'établissement dans la commune ».

M. Barsalou, maître de forges dans le département de

Lot-et-Garonne, avait été imposé à la prestation en nature pour les employés salariés, les chefs d'ateliers et les maîtres ouvriers attachés à ses établissements. Ces divers agents sont logés dans des bâtiments qui dépendent de l'usine, mais ils ne payent point de contributions directes.

M. Barsalou a réclamé contre cette imposition ; il a soutenu que la disposition relative aux serviteurs de la famille ne pouvait être étendue comme on l'avait fait dans cette circonstance ; que le chef de l'établissement n'était tenu que de l'obligation indiquée dans l'art. 3 de la loi de 1836, à raison des charrettes ou voitures attelées et des bêtes de somme, de trait et de selle.

Le conseil de préfecture a pensé que des individus qui reçoivent un traitement annuel devaient être assimilés aux serviteurs de la famille. Il a repoussé la réclamation de M. Barsalou. Ce dernier s'est pourvu au conseil d'état.

M. le ministre de l'intérieur a été d'avis que le pourvoi devait être rejeté. On disait dans ce système (1) que la loi de 1836 avait eu pour but d'accroître les ressources dont les communes pouvaient disposer pour l'entretien des chemins vicinaux ; que le procédé suivi dans la commune de Casteljaloux, à l'égard du sieur Barsalou, simplifiait beaucoup la tâche de l'administration municipale, en la dispensant de suivre le recouvrement de la prestation en nature contre un assez grand nombre d'individus, souvent récalcitrants et peu disposés à accepter la conversion en argent ; que la pensée de substituer le chef de l'établissement à ses employés, chefs d'ateliers et maîtres ouvriers, pour la prestation en nature, a eu pour origine la plus grande facilité que l'administration municipale trouverait dans le recouvrement, lorsqu'elle s'adresserait à un seul homme, d'une position aisée, sans mauvais vouloir, et qui accepterait forcément le rachat de la prestation en nature par la prestation en argent ; qu'on pouvait agir ainsi sans nuire au chef de l'établissement, parce qu'il aurait la faculté de se rembourser, au moyen de retenues sur les salaires de ses employés, chefs d'ateliers et maîtres ouvriers ; qu'en réalité, l'acquit de la prestation en argent ne serait pour lui qu'une avance, etc.

---

(1) Voir *l'École des Communes*, année 1841, pag. 302 et suiv.

On a remarqué, dans le système du pourvoi, que nul ne doit être imposé pour autrui; que ce principe doit être maintenu, soit qu'on envisage l'impôt exclusivement comme une charge, soit qu'on le considère comme pouvant produire certains avantages, par exemple, l'exercice des droits électoraux; que cette dernière considération doit d'autant moins être négligée, que la cour de cassation a décidé que les prestations en nature doivent compter pour le cens électoral; que les faits de l'espèce ne pouvaient modifier le caractère habituel de non-domesticité qui appartient aux employés des manufactures, aux chefs d'ateliers et aux maîtres ouvriers; que le logement de ces personnes dans des bâtiments dépendants de l'usine s'explique par la nécessité d'avoir à la disposition des ouvriers et de leurs familles des logements qu'il est toujours difficile de se procurer dans les villages, et qu'on trouve d'autant moins facilement qu'on ne les prend pas à location pour l'année entière; qu'il est d'ailleurs tout simple que le chef d'un grand établissement désire avoir sous sa main ses employés, chefs d'ateliers et maîtres ouvriers; que le fait de la non-inscription au rôle des personnes dont il s'agit ne prouvait pas qu'elles fussent dans le cas de n'y être pas portées, et qu'on ne pouvait rendre le sieur Barsalou responsable de la négligence des répartiteurs.

Une ordonnance du roi, du 27 août 1840, a statué ainsi qu'il suit : Considérant que les individus attachés à l'établissement du sieur Barsalou, et pour lesquels il a été porté au rôle de sa prestation en nature, ne peuvent être considérés comme membres ou serviteurs de la famille, et que dès lors il n'y avait lieu à l'application du § 1er de l'art. 3 de la loi du 21 mai 1836 :

Art. 1er. L'arrêté du conseil de préfecture du département de Lot-et-Garonne, du 17 janvier 1839, est annulé.

Art. 2. Il est accordé décharge au sieur Barsalou de la prestation en nature à laquelle il a été soumis pour les employés, chefs d'ateliers et maîtres ouvriers attachés à son établissement.

Mines et Usines.—Contraventions.

La peine d'emprisonnement ne doit être prononcée, aux termes de l'article 96 de la loi du 21 avril 1810, que lorsqu'il y a récidive.

Un jugement du tribunal de police correctionnelle d'Alais, du 27 décembre 1839, avait condamné les sieurs Chabrol, cultivateurs, à une amende de 100 francs chacun et à un jour d'emprisonnement pour avoir enlevé du charbon de la mine de houille dite des *Trois Machines*, qui fait partie de la concession de la société des mines de houille de *la Grand'-Combe*.

Le procureur général de Nîmes s'est pourvu *à minimâ* contre ce jugement. Mais à l'audience, l'avocat général a déclaré que c'était par erreur que cet appel avait été interjeté; qu'il requérait au contraire que la cour le reçût appelant *à maximâ*, attendu que c'est en faisant une fausse application de la loi du 21 avril 1810 que les premiers juges avaient prononcé une peine d'emprisonnement.

La cour royale de Nîmes a fait droit à ces conclusions par un arrêt du 23 février 1840, fondé sur ces motifs « que » l'article 96 de la loi du 21 avril 1810 ne prononce pas en » termes formels la peine d'emprisonnement pour le simple » délit d'exploitation des mines exercée contrairement aux » lois et règlements; que dans le doute que fait naître » l'obscurité des dispositions de cet article, il y a lieu de » l'appliquer dans le sens le plus restrictif de la pénalité.» L'arrêt a déclaré n'y avoir lieu de prononcer contre les délinquants la peine d'emprisonnement, et maintenu, pour le surplus, la condamnation prononcée par le tribunal d'Alais.

Il s'agissait dans l'espèce d'une première contravention. C'est par ce motif que le jugement de police correctionnelle a été réformé, et c'est ainsi qu'il faut entendre les termes de l'arrêt. Si cette peine n'est pas encourue en effet pour un premier délit, elle doit être prononcée en cas de récidive.

La question s'était présentée déjà de savoir si même pour

une première contravention il n'y avait pas lieu de punir le contrevenant de la prison.

L'article 96 de la loi du 21 avril 1810 porte : « Les peines seront d'une amende de 500 francs au plus et de 100 francs au moins, double en cas de récidive, et d'une détention qui ne pourra excéder la durée fixée par le code de police correctionnelle. »

Les termes de cet article offrent effectivement quelque obscurité. On ne voit pas si la peine de détention n'est exclusivement applicable qu'à la récidive, ou bien si elle peut être aussi appliquée, suivant la gravité du délit, à une première contravention; si l'article a eu uniquement pour objet d'indiquer la nature des peines à infliger, savoir l'amende et la détention, en laissant d'ailleurs aux juges, dans les limites qu'il prescrit, la latitude de proportionner la quotité de l'amende, la durée de la détention, aux circonstances propres à chaque affaire, d'infliger l'une et l'autre à la fois ou séparément, et en déterminant seulement que l'amende serait nécessairement du double s'il y avait récidive.

La cour de cassation a considéré que « si la lettre de l'article 96 de la loi du 21 avril 1810 (en ce qui touche la peine d'emprisonnement) peut laisser quelques doutes sur la véritable intention du législateur, il faut recourir, pour en éclaircir le sens, aux principes qui ont servi de base au législateur dans des matières analogues; que dans les divers cas où des peines ont été établies pour la répression des contraventions aux règlements de police, les lois ont généralement prononcé de simples peines pécuniaires au cas d'une première contravention, et appliqué la peine d'emprisonnement seulement aux cas de récidive; que s'il fallait entendre l'art. 96 de telle sorte que la peine d'emprisonnement fût prononcée au cas d'une première contravention, tandis qu'en cas de la récidive cette peine ne serait pas aggravée ni même prononcée de plus fort, on s'écarterait évidemment des principes qui président à l'ensemble de la législation; d'autant que, dans un cas douteux, en matière de dispositions pénales, on aurait préféré l'interprétation la plus rigoureuse. »

Par ces motifs, un arrêt du 6 août 1829 a annulé une décision de la cour royale de Metz, qui avait méconnu le

véritable sens de l'art. 96 de la loi de 1810, et faussement appliqué cet article, en prononçant la peine de six jours d'emprisonnement contre des maîtres de forges prévenus d'une première contravention.

ORDONNANCES DU ROI,

Et décisions diverses concernant les mines, usines, etc.

DEUXIÈME SEMESTRE 1841.

Ordonnance du 16 *avril* 1841 (1), *approuvant un arrêté du préfet de la Loire en ce qu'il revendique pour l'autorité administrative la disposition des produits de recherches de mines, et annulant ledit arrêté en ce qu'il revendique pour la même autorité la question des dommages et intérêts résultant des voies de fait de la compagnie qui avait opéré ces recherches.*

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport du comité de législation,

Vu l'arrêté de conflit pris, le 19 janvier 1841, par le préfet du département de la Loire, dans l'instance pendante, devant notre cour royale de Lyon, entre le sieur vicomte de l'Espine et la compagnie d'Asda, sur la revendication, faite par ledit sieur de l'Espine, de la propriété des charbons extraits du sol à lui appartenant, par suite des recherches opérées par ladite compagnie, antérieurement à notre autorisation;

Vu l'exploit introductif d'instance devant le tribunal civil de Roanne, en date du 3 novembre 1837, ledit exploit tendant à ce que les charbons extraits du sol appartenant au sieur de l'Espine soient déclarés sa propriété exclusive, et à ce qu'il lui soit alloué onze cents francs à titre d'indemnité, pour le dommage causé à son fond;

Vu le jugement, en date du 21 novembre 1839, par

(1) Cette ordonnance a été omise dans le tome XIX des *Annales*, qui contient les ordonnances rendues pendant le premier semestre de l'année 1841.

lequel le tribunal civil de Roanne déclare le sieur de l'Espine propriétaire exclusif des charbons extraits par la compagnie d'Asda;

Vu l'acte d'appel dudit jugement interjeté devant la cour royale de Lyon, le 12 mars 1840;

Vu le déclinatoire présenté à ladite cour par le préfet de la Loire, le 7 novembre 1840;

Vu l'arrêt, en date du 14 janvier 1841, par lequel ladite cour rejette ledit déclinatoire et se déclare compétente;

Vu la lettre de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics, en date du 8 février 1841;

Vu la lettre, en date du 9 mars 1841, par laquelle notre garde des sceaux transmet au secrétariat général de notre conseil d'état, les pièces ci-dessus visées, lesquelles étaient parvenues à son ministère le 8 du même mois;

Vu les observations respectivement présentées à notre conseil d'état, les 24 et 25 mars 1841, par le sieur de l'Espine et la compagnie d'Asda;

Vu les lois des 16-24 août 1790, 16 fructidor an III, 21 avril 1810, les ordonnances des 1er juin 1828 et 12 mars 1831;

Ouï Me Béchard, avocat de la compagnie d'Asda;

Ouï Me Mandaroux-Vertamy, avocat du sieur vicomte de l'Espine;

Ouï M. Boulatignier, maître des requêtes, remplissant les fonctions du ministère public;

En ce qui touche la régularité de l'arrêté de conflit:

Considérant que l'ordonnance ci-dessus visée du 1er juin 1828 confère au préfet le droit d'élever le conflit, aussi longtemps qu'il n'a pas été statué définitivement sur le fond de la contestation:

En ce qui touche le conflit:

Considérant que le sieur vicomte de l'Espine a conclu devant le tribunal civil de Roanne, 1° à être déclaré propriétaire exclusif des charbons extraits de son terrain par suite des recherches opérées par la compagnie d'Asda, antérieurement à toute autorisation; 2° à ce qu'une indemnité lui fût allouée, à raison du dommage causé audit terrain par lesdites recherches;

Sur le premier chef des conclusions:

Considérant qu'aux termes de la loi ci-dessus visée du 21 avril 1810, il n'appartient qu'à nous de concéder l'ex-

ploitation des mines, et, par conséquent, de régler les droits des propriétaires de la surface sur les produits de l'exploitation, quand bien même lesdits produits seraient le résultat de recherches antérieures à la concession et que nous n'aurions pas autorisées;

Sur le deuxième chef :

Considérant que les travaux de recherches effectuées sur la propriété du sieur vicomte de l'Espine, sans son consentement et antérieurement à notre ordonnance du 19 septembre dernier qui les autorise, constituent une voie de fait, et que l'autorité judiciaire est seule compétente pour connaître des dommages-intérêts auxquels ces travaux peuvent donner lieu;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Est confirmé l'arrêté de conflit ci-dessus visé, en tant qu'il revendique, pour l'autorité administrative, le règlement des droits du sieur vicomte de l'Espine, propriétaire de la surface, sur les produits des recherches de la compagnie d'Asda;

Est annulé ledit arrêté, en ce qu'il revendique, pour la même autorité, la question de dommages-intérêts, résultant de voies de fait de ladite compagnie.

Art. 2. Sont considérés comme non avenus, en tant qu'ils se réfèrent à la question de règlement des droits du propriétaire de la surface :

1° L'exploit introductif d'instance, du 3 novembre 1837;

2° Le jugement du tribunal civil de Roanne, du 21 novembre 1839;

3° L'acte d'appel, du 12 mars 1840;

4° L'arrêt de la cour royale de Lyon, du 14 janvier 1841.

Art. 3. Notre garde des sceaux et notre ministre des travaux publics sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance.

Mines de manganèse de Saint-Pardoux.

Ordonnance du 13 *juillet* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Jean Planchas *et* Antoine Larret-Ladorie, *de mines de manganèse,*

commune de Saint-Pardoux-la-Rivière, *arrondissement de* Nontron (Dordogne).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Saint-Pardoux*, est limitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite menée du confluent du ruisseau de la Vallade et de la Dronne, à l'angle ouest de la grange appartenant à M. Larret-Ladorie, au village de Ladorie;

A l'est, par une ligne droite tirée de ce dernier point à l'angle nord de la maison d'habitation du hameau de la Plassade;

Au sud, par une ligne droite menée du point précédent sur le confluent des ruisseaux de la Plassade et de Chantreix;

A l'ouest, par une ligne droite tirée du point précédent au confluent du ruisseau de la Vallade et de la Dronne, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux kilomètres carrés soixante-dix-neuf hectares.

Cahier des charges relatif à la concession des mines de manganèse de Saint-Pardoux.

(Extrait.)

Art. 2. L'exploitation du manganèse pourra avoir lieu de deux manières :

Par tranchées ouvertes, lorsque l'épaisseur du terrain stérile qui recouvre le gîte métallifère n'excédera pas huit mètres, ou lorsque le nombre, la puissance et la richesse des veines manganésiennes ne permettront pas leur extraction complète par un autre mode de travail;

Par puits et galeries, quand il sera reconnu que l'extraction par tranchées serait désavantageuse.

Art. 3. Les parois des tranchées seront disposées par banquettes ou gradins, dont la hauteur ne pourra excéder $1^{m},50$, et qui auront au moins 2 mètres de largeur.

.. . . ..

Les tranchées seront remblayées avec les terres stériles au fur et à mesure de l'avancement du travail, et on les disposera de manière à profiter, pour l'écoulement des eaux, de la pente naturelle du terrain.

Art. 4. Les puits et galeries de passage, d'extraction et d'aérage devront être garnis d'un boisage solide et permanent, quelle que doive être leur durée. Les chambres d'exploitation pourront, lorsque la consistance des parois le permettra, être étayées à l'aide d'un boisage volant. Ce dernier ne sera suffisant qu'autant que les travaux devront être évacuées dans les trois mois.

Art. 5. Lorsque l'épaisseur des gîtes sera considérable et excédera la hauteur d'une galerie ou chambre, on formera plusieurs étages d'exploitation en s'élevant successivement de bas en haut, après avoir solidement remblayé les vides inférieurs.

Art. 6. Les travaux seront coordonnés entre eux, de manière que deux puits voisins se servent mutuellement de puits d'aérage, et la distance comprise entre les deux puits ne pourra excéder 25 mètres.

Art. 7. Tant qu'il n'aura pas été reconnu que des machines plus puissantes sont nécessaires, on se servira, pour l'extraction et l'épuisement, de treuils garnis d'un axe en fer et portés sur des montants avec jambes et semelles solidement établis.

Art. 27. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de leurs mines, qu'après avoir obtenu une permission à cet effet, dans les formes déterminées par les articles 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Haut-fourneau, patouillet et lavoir à bras, à Saint-Martin-de-Pontchardon.

Ordonnance du 13 *juillet* 1841, *portant que le sieur* ROGÈRE-PRÉBAN *est autorisé à établir un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer, un patouillet et un lavoir à bras pour la préparation du minerai de fer, sur une dérivation de la rivière de* TOUQUE, *commune de* SAINT-MARTIN-DE-PONTCHARDON (Orne).

(Extrait.)

Art. 13. Dans le cas où l'établissement de bassins des-

tinés à l'épuration des eaux bourbeuses provenant de la préparation des minerais dans le patouillet et le lavoir dépendants de l'usine, serait reconnu nécessaire, le permissionnaire sera tenu de se conformer à toutes les mesures que l'administration jugera à propos de lui prescrire pour la clarification du lavage.

Ordonnance du 13 *juillet* 1841, *portant que les sieurs* Malis *et* Maisan *sont autorisés à établir, en remplacement du moulin dit de* Pontet, *situé sur le ruisseau de* Gazenat, *commune de* Beliet (Gironde) : 1° *un haut-fourneau de* 9 *à* 10 *mètres de hauteur pour la fusion du minerai de fer ;* 2° *deux feux d'affinerie pour la conversion de la fonte en fer ductile ;* 3° *un four à réverbère et un équipage complet de cylindres pour l'étirage du fer en barres.* Usine à fer, à Beliet.

Ordonnance du 13 *juillet* 1841, *portant que les sieurs* Caillet frères *sont autorisés à établir, sur la tête d'eau du moulin des* Matenets, *commune de* Matton (Ardennes), *une usine à fer composée d'un feu d'affinerie, d'un four à puddler et des machines de compression nécessaires à la fabrication du fer.* Usine à fer, à Matton.

(Extrait.)

Art. 2. Les eaux du ruisseau du *Fond du Sault* et du *Banel* seront dérivées au moyen de barrages établis dans leur lit et dirigées vers la nouvelle usine. Les permissionnaires détermineront les dimensions des canaux de dérivation et du bassin de retenue formé par leur réunion, ainsi que la hauteur d'eau devant les pales motrices, de manière que la capacité des réservoirs compris entre la ventillerie et les points où se termine le reflux, dans chacun des deux cours d'eau, ne dépasse pas 487 mètres cubes.

Art. 3. Au point où le chemin de la Pierreuse est traversé par le canal de dérivation du ruisseau du Fond du Sault, les permissionnaires établiront et entretiendront un pont de 4 mètres d'ouverture entre les garde-corps.

Art. 4. Près de la ventillerie de l'usine, il sera établi un déversoir régulateur de 10 mètres de largeur; des vannes de décharge présentant ensemble un débouché de 3 mètres, seront en outre placées en tête de la dérivation du ruisseau du Banel.

Art. 5. Pour augmenter la chute de leur usine, les permissionnaires pourront prolonger le canal de fuite jusqu'au point où ils cessent d'être propriétaires des deux rives des cours d'eau, ou bien encore creuser le lit actuel jusqu'au même point.

Art. 12. Ils sont tenus d'avoir un compte ouvert au bureau de la douane de Matton, et se soumettront aux visites et recensements que les employés des douanes jugeront à propos de faire dans leur établissement, sans que ceux-ci soient tenus de se faire accompagner d'un officier municipal.

Hauts-fourneaux, à Rustrel.

Ordonnance du 13 *juillet* 1841, *portant que les sieurs* Gaufridy père *et* Gleize *sont autorisés à maintenir en activité, à perpétuité, les deux hauts-fourneaux que l'ordonnance du* 23 *mars* 1840 *leur a permis de construire dans la commune de* Rustrel (Vaucluse), *et de faire rouler pendant vingt-cinq ans.*

Hauts-fourneaux, etc., à Vaux-sur-Blaise.

Ordonnance du 13 *juillet* 1841, *portant que le sieur* Mayence *est autorisé,* 1° *à conserver et maintenir en activité le haut-fourneau qu'il a établi en vertu de l'ordonnance du* 22 *mars* 1833, *dans la commune de* Vaux-sur-Blaise (Haute-Marne), *mais sur un autre emplacement que celui désigné par cette ordonnance;* 2° *à établir dans la même commune un second haut fourneau, un four à puddler et deux feux de chaufferie à la houille.*

Ordonnance du 13 juillet 1841, portant que les sieurs Jacquot frères *sont autorisés à établir un bocard à cinq pilons et un patouillet à deux huches, pour la préparation du minerai de fer, sur la tête du haut-fourneau qu'ils possèdent sur une dérivation de la* Marne, *dans la commune de* Rachecourt-sur-Marne, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne). **Bocard et patouillet, à Rachecourt-sur-Marne.**

Ordonnance du 13 juillet 1841, portant que les sieurs Rostaing frères *sont autorisés à établir un bocard et un patouillet pour la préparation du minerai de fer, sur la tête d'eau de l'étang de* Richebourg *qui leur appartient, dans la commune d'*Humbécourt (Haute-Marne). **Bocard et patouillet, à Humbécourt.**

(Extrait.)

Art. 12. L'opération du lavage sera suspendue chaque année, du 15 mai au 15 septembre.

Ordonnance du 13 juillet 1841, qui apporte des modifications aux dispositions de celle du 15 mars 1827, qui a autorisé le sieur Barbey *à établir un lavoir à cheval et un lavoir à bras pour le lavage du minerai de fer, au lieu dit* Vergerot, *commune de* Bouhans *et* Feurg, *arrondissement de Gray* (Haute-Saône). **Lavoirs, à Bouhans et Feurg.**

(Extrait.)

Art. 4. Les eaux du ruisseau du Breuil seront dérivées dans la propriété du permissionnaire pour alimenter le lavoir à cheval, concurremment avec celles de la source qui servait seule à cet usage.

Art. 7. Le sieur Barbey sera tenu de livrer, comme chemin de défruitement et pour le passage du bétail, la partie de son pré situé entre la Sous-Froide et le nouveau lit du Breuil, partie qui aura au moins 12 mètres de large dans l'endroit le plus resserré.

Mines de houille de Lempret.

Ordonnance du 20 *juillet* 1841, *portant qu'il est fait réunion à la concession houillère de* Lempret, *instituée par ordonnance royale du* 5 *août* 1836, *d'une étendue de* 4 *kilomètres* 31 *hectares, sur les communes de* Champagnac *et d'*Ydes (Cantal).

(Extrait.)

Art. 2. La concession de Lempret est délimitée par suite de cette addition de terrain, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne brisée, partant de l'angle sud de l'ancienne chapelle de Prodelles, passant par l'angle sud de la maison du sieur Soalhat à Lempret, et aboutissant à l'angle est de la maison du sieur Gaillard, au hameau de Lempret;

Au nord-est, par une ligne menée du dernier point ci-dessus au point de rencontre du chemin de Lempret à Saignes, avec la route royale de Toulouse à Clermont (point de limite de la concession de Madic);

A l'est, par une ligne menée du dernier point ci-dessus à l'angle nord de la maison du sieur Jean Lepause, à Rigeat;

Au sud, par une ligne menée du dernier point à la naissance du béal du moulin de Violes;

A l'ouest, par une ligne brisée, limite orientale de la concession de Prodelles, partant du dernier point ci-dessus, passant par l'angle sud de la maison le plus au sud du village de Mont-Mousson et aboutissant à l'angle sud-est de l'ancienne chapelle de Prodelles, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de sept kilomètres carrés, trente-quatre hectares.

Art. 4. Le droit attribué aux propriétaires de la surface par les art. 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, est réglé :

1° A une redevance proportionnelle aux produits de l'extraction, qui sera payée par le concessionnaire aux propriétaires des terrains sous lesquels il exploitera, et sera fixée ainsi qu'il suit :

Un centime par hectolitre comble de houille, lorsque l'extraction aura lieu à moins de 50 mètres de profondeur ;

Un demi-centime, lorsque l'extraction aura lieu de 50 à 100 mètres de profondeur ;

Un quart de centime, lorsque l'extraction aura lieu à une profondeur excédant 100 mètres ;

2° A une rente annuelle de 5 centimes par hectare, laquelle sera payée à tous les propriétaires de terrains compris dans les limites de la concession.

Cette double rétribution sera applicable toutes les fois qu'il n'existera pas à ce sujet de conventions antérieures entre le concessionnaire et les propriétaires de la surface. S'il existe de telles conventions, elles seront exécutées, pourvu toutefois qu'elles ne soient pas en opposition avec les règles qui seront prescrites, en vertu de la présente ordonnance, pour la conduite des travaux souterrains, dans la vue d'une bonne exploitation. Dans le cas contraire, lesdites conventions ne pourront donner lieu, entre les parties intéressées, qu'à une action en indemnité, et la rétribution restera déterminée ainsi qu'il est dit au commencement du présent article.

Cahier des charges de la concession des mines de houille de Lempret.

(Extrait.)

Art. 2. Dans le délai de six mois au plus tard, à dater de la notification de l'acte de concession, le concessionnaire adressera au préfet du département les plans et coupes

de ses mines, dressés sur l'échelle d'un millième, et divisés en carreaux de 10 en 10 millimètres. Ces plans seront accompagnés d'un mémoire indiquant le mode circonstancié des travaux que le concessionnaire se proposera de suivre pour l'exploitation des gîtes. L'indication de ce mode de travaux sera aussi tracée sur les plans et coupes.

Art. 3. Les plans et mémoires fournis en exécution du précédent article contiendront le tracé et la déclaration des propriétés territoriales que le champ d'exploitation projeté devra embrasser. Un extrait de la déclaration rédigé par l'ingénieur des mines sera affiché pendant un mois à la porte des mairies, dans toutes les communes où s'étend le périmètre de la concession.

Art. 5. Aussitôt que le concessionnaire portera l'extraction sous une propriété nouvelle, il sera tenu d'en prévenir le propriétaire du sol; ce propriétaire pourra placer, à ses frais, sur la mine, un préposé pour vérifier la quotité des produits journaliers de l'exploitation.

Art. 10. Le concessionnaire ne pourra abandonner aucune portion notable des ouvrages souterrains sans en avoir prévenu le préfet trois mois au moins à l'avance, afin qu'il soit pourvu à l'exécution des dispositions de police, de sûreté et de conservation, prescrites par les art. 8 et 9 du décret du 3 janvier 1813.

Il joindra à sa déclaration le plan des ouvrages qu'il se proposera d'abandonner.

Les ouvertures au jour des puits ou galeries qui deviendront inutiles seront solidement comblées ou bouchées par le concessionnaire, ou à ses frais, suivant le mode qui sera prescrit par le préfet, sur la proposition de l'ingénieur des mines, et à la diligence des maires des communes, sur le territoire desquelles les ouvertures seront situées.

Art. 11. La déclaration du concessionnaire contiendra la désignation des propriétés territoriales auxquelles correspondra le champ de travaux qu'il s'agira d'abandonner. Cette déclaration sera affichée ainsi qu'il est dit à l'art. 4 ci-dessus.

Le concessionnaire sera tenu de notifier aux propriétaires intéressés l'autorisation du préfet, dans le délai de huit jours, à partir de la notification qui lui en aura été faite à lui-même.

Art. 19. Les plans et registres mentionnés en l'article

précédent (*plans et registres d'avancement des travaux*), contiendront l'indication des propriétés territoriales, sous lesquelles l'exploitation aura lieu.

Ordonnance du 20 *juillet* 1841, *portant qu'il est fait concession au sieur* Eugène-Auguste Barbier, *de mines de houille, communes de* Madic, *de* Champagnac *et d'*Ydes (Cantal).

Mines de houille de Madic.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Madic*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-est, par la Dordogne, depuis l'embouchure du ruisseau de l'étang de Madic jusqu'au point où elle serait rencontrée par le prolongement d'une ligne menée de l'angle est du bâtiment le plus au nord de la Layterie à la jonction des chemins de Champagnac et de Madic à Bort;

Au sud-est, par la ligne dont il vient d'être parlé, depuis sa rencontre avec la Dordogne jusqu'à l'angle est du bâtiment le plus au nord de la Layterie, et par une autre ligne menée du dernier point ci-dessus au point de rencontre du chemin de Lempret à Saignes, avec la route royale de Toulouse à Clermont (point de limite de la concession de Lempret);

Au sud-ouest, par une ligne menée du dernier point cidessus à l'angle nord-est de la maison du sieur Vernegeol, au village de Lempret;

Au nord-ouest, par une ligne brisée, partant du dernier point ci-dessus, passant par l'angle sud-est de la maison du sieur Claude Nicollet à Mousoudeix, et aboutissant à l'embouchure du ruisseau de l'Etang de Madic, dans la Dordogne, point de départ,

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de sept kilomètres carrés, soixante-six hectares.

Art. 4. (*Comme l'art.* 4 *de l'ordonnance relative à la concession de Lempret.*)

Cahier des charges de la concession des mines de houille de Madic.

(Extrait.)

Art. 3, 4, 6, 11, 12, 20. (*Comme les art.* 2, 3, 5, 10, 11 *et* 19 *du cahier des charges de la concession des mines de* Lempret.)

Mines de houille de Prodelles.

Ordonnance du 20 *juillet* 1841, *portant qu'il est fait concession au sieur* Louis-Alexandre Baignères, *de mines de houille, dans les communes de* Champagnac, Ydes, Bassignac *et* Sauvat (Cantal).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Prodelles*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au *nord-ouest*, par une ligne menée de l'angle nord du bâtiment le plus au nord de Charlus à l'angle sud-est de l'ancienne chapelle de Prodelles ;

A l'*est* par une ligne brisée (limite occidentale de la concession de Lempret), partant du dernier point ci-dessus, passant par l'angle sud de la maison la plus au sud de Montousson, et aboutissant à la naissance du béat du moulin des Violes ;

Au *sud*, par une ligne menée de ce dernier point à l'angle sud de la maison le plus au sud du village de Brousse ;

A l'*ouest*, par une ligne (limite orientale de la concession de la Graille et Montgroux), menée du dernier point ci-dessus à l'angle nord du bâtiment le plus au nord de Charlus, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de six kilomètres carrés, un hectare.

Art. 4. (*Comme l'art.* 4 *de l'ordonnance relative à la concession de Lempret.*)

Cahier des charges de la concession des mines de houille de PRODELLES.

(Extrait.)

Art. 3, 4, 6, 11, 12, 20 (*Comme les art.* 2, 3, 5, 10, 11 *et* 19 *du cahier des charges de la concession des mines de* LEMPRET.)

Ordonnance du 20 *juillet* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Louis MIGNOT, Siméon MIGNOT, Vincent MIGNOT, Julien MIGNOT, *et à la dame veuve* Pierre MIGNOT, *née* TAVERNIER, *de mines de houille, dans les communes de* BASSIGNAC *et de* VERRIÈRES (Cantal). Mines de houille de la Graille et Montgroux.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de la Graille et Montgroux*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au *nord-ouest* par une ligne menée d'un point pris sur la Sumène, à 300 mètres en aval du pont de Vendes, à l'angle nord du bâtiment le plus au nord de Charlus ;

A l'*est* par une ligne (limite occidentale à la concession de Prodelles), menée du dernier point ci dessus à l'angle sud du bâtiment le plus au sud du village de Brousse ;

Au *sud*, par une ligne menée du dernier point ci-dessus au confluent du ruisseau de Marillion et de la Sumène ;

Au *sud-ouest*, par la Sumène, depuis le dernier point ci-dessus jusqu'au point situé à 300 mètres en aval du pont de Vendes, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quatre kilomètres carrés, vingt-sept hectares.

Art. 4. (*Comme l'art.* 4 *de l'ordonnance relative à la concession de Lempret.*)

Cahier des charges de la concession des mines de houille de la Graille *et* Montgroux.

(Extrait.)

Art. 4, 5, 7, 12, 13, 21. (*Comme les art.* 2, 3, 5, 10, 11 *et* 19 *du cahier des charges de la concession des mines de* Lempret.)

Usine à fer, à Donzy.

Ordonnance du 20 *juillet* 1841, *portant que le sieur* Mercier *est autorisé à établir, sur le ruisseau de* Magne, *au lieu et place de l'ancienne foulerie, dite* sous le pont de Magne, *commune de* Donzy (Ardennes), *une usine à fer qui demeurera composée :*

1° *D'un feu d'affinerie ;*
2° *D'un feu de chaufferie ;*
3° *Des machines soufflantes et de compression nécessaires au roulement de l'usine.*

(Extrait.)

Art. 2. . . . .

Le sieur Mercier aura la faculté d'élargir le bief d'amont formant sa retenue, de manière à lui donner jusqu'à onze ares de superficie.

Dans toute l'étendue de l'élargissement, le bief sera séparé du chemin, dit *les voies de Granchevat*, par un mur d'un mètre de hauteur. La construction et l'entretien de ce mur ou barrière, seront à sa charge, et il sera responsable de tout accident et de tout dommage résultant de l'inexécution de ces conditions.

Art. 11. Le permissionnaire sera tenu d'avoir un compte ouvert au bureau de la douane de Donzy.

Il se soumettra aux visites et recensements que les employés des douanes jugeront à propos de faire dans son établissement, sans que ceux-ci soient tenus de se faire accompagner d'un officier municipal.

Ordonnance du 20 *juillet* 1841, *portant que le sieur* AGARD fils aîné, *est autorisé à convertir le moulin à blé, dit le* MOULIN-BLANC, *qu'il possède sur le* BANDIAT, *commune de* NONTRON (Dordogne), *en une usine à fer, dont la consistance demeure fixée ainsi qu'il suit :* **Usine à fer, à Nontron.**

1° Un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer;
2° Un lavoir à bras pour la préparation du minerai;
3° Un bocard pour les laitiers;
4° Deux feux d'affinerie, deux marteaux.

Ordonnance du 20 *juillet* 1841, *portant que le sieur* CAPITAIN *est autorisé à établir un bocard à six pilons et un patouillet à une seule huche pour la préparation du minerai de fer, sur une dérivation de la rivière de* MARNE, *au lieu dit* BUSSY, *commune de* VECQUEVILLE, *arrondissement de* VASSY (Haute-Marne). **Bocard et patouillet, à Vecqueville.**

(Extrait.)

Art. 11. Le bocard et le patouillet seront mis en chômage chaque année, du 1er mai au 1er octobre suivant.

En outre, la préparation du minerai sera suspendue lorsque les bassins d'épuration seront mis en curage, et toutes les fois que les eaux en sortiront troubles par suite de dégradations, lesquelles devront être complétement réparées avant la remise en activité de l'établissement.

Ordonnance du 20 *juillet* 1841, *portant que le sieur* DE BUYGER *est autorisé à établir un patouillet pour le lavage du minerai de fer, au-dessus de la chaussée de l'étang supérieur du moulin dit* DU BOIS, *dans la commune de* RUPT, *arrondissement de* VESOUL (Haute-Saône). **Patouillet, à Rupt.**

Lavoirs à bras, à Beaujeux.

Ordonnance du 20 juillet 1841, portant que le sieur DE MAGNONCOURT *est autorisé à établir quatre lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer sur le terrain qu'il possède, au lieu dit* LE PRÉ DE LA FONTAINE-FINET, *dans la commune de* BEAUJEUX, *arrondissement de* GRAY (Haute-Saône).

Mines de schistes bitumineux d'Igornay.

*Ordonnance du 29 juillet 1841, portant concession des mines de schistes bitumineux d'*IGORNAY (Saône-et-Loire).

(Extrait.)

LOUIS-PHILIPPE, etc.,

Vu les demandes formées les 5 février et 25 mars 1837, par MM. Chartron père et fils, Alphonse Desblains, Hector Blanchet et Raymond fils, tendant à obtenir une concession de mines de schistes bitumineux, dans la commune d'Igornay et autres territoires voisins, département de Saône-et-Loire, etc. ;

. . . .

Considérant que la concession demandée a pour objet des schistes bitumineux, disposés en couches qui s'enfoncent dans les profondeurs de la terre et qui peuvent donner lieu à une exploitation par puits et galeries ;

Qu'il s'agit, par conséquent, d'une substance qui, par sa nature et son gisement, appartient à la classe des mines ;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Il est fait concession à MM. Chartron père et fils, Alphonse Desblains, Hector Blanchet et Raymond fils, des mines de schistes bitumineux, comprises dans les limites ci-après définies, commune d'Igornay et lieux environnants, arrondissement d'Autun, département de Saône-et-Loire.

Art. 2 Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Igornay*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite partant du point A, angle

nord-ouest de la maison située de même au nord-ouest de toutes celles du hameau des Billaudots, passant par l'angle nord de la dernière maison, vers ce point de l'horizon, du hameau de Maugun et prolongée jusqu'en B, intersection de cette ligne avec celle qui, partant du point de rencontre C de la rivière de Drée avec l'ancien chemin d'Autun à Bornay, passe par l'angle nord-est de la maison qui se trouve à l'est de toutes celles du hameau des Bouillères;

A l'est, 1° par une ligne droite partant du point B et venant aboutir en D, angle sud-ouest de la dernière maison le plus à l'ouest de toutes celles du hameau de Varenne; 2° par une autre ligne droite partant du point D et aboutissant au point E, angle nord-ouest du moulin de Champigny;

Au sud, par une ligne droite partant du point E et aboutissant au point F, intersection de la rivière de Drée, avec une ligne partant de Chanloux et prolongée jusqu'à l'angle nord-est de la maison ci-dessus désignée du hameau des Billaudots;

A l'ouest, par la partie de cette même ligne comprise entre la rivière de Drée et le point de départ A;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de cinq kilomètres carrés, vingt-deux hectares.

Art. 4. Le droit attribué aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur les produits des mines concédées, est réglé, 1° à une rente annuelle de dix centimes par hectare pour les propriétaires de tous les terrains compris dans la concession; 2° à une redevance au profit des propriétaires dans les terrains desquels les travaux auront lieu, et qui est fixée au vingtième des minerais extraits, prêts à être vendus ou à être distillés, quand l'exploitation se fera à ciel ouvert, et au quarantième des mêmes minerais, lorsque l'exploitation s'opérera par des travaux souterrains.

Cette redevance sera acquittée en argent par les concessionnaires, et l'évaluation en sera faite à l'amiable ou à dire d'experts.

Cette rétribution sera applicable toutes les fois qu'il n'existera pas à ce sujet de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface; s'il existe de telles conventions, elles seront exécutées, pourvu toutefois qu'elles ne soient pas en opposition avec les règles qui seront prescrites, en vertu de la présente ordonnance,

pour la conduite des travaux souterrains, dans la vue d'une bonne exploitation. Dans le cas contraire, lesdites conventions ne pourront donner lieu, entre les parties intéressées, qu'à une action en indemnité, et la rétribution restera déterminée ainsi qu'il est dit au commencement du présent article.

*Cahier des charges de la concession des mines de schistes bitumineux d'*IGORNAY.

(Extrait.)

Art. 2, 3, 5, 10, 11, 19. (*Mêmes articles que ceux du cahier des charges de la concession houillère de* LEMPRET, *rapportés plus haut.*)

Mines de fer de Pierremorte.

Ordonnance du 29 *juillet* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Jules LECLERC, DE PRANGHE *et* Compagnie, *de mines de fer, communes de* CASTILLON *et* COURRY (Gard), *et* SAINT-PAUL-LE-JEUNE (Ardèche).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Pierremorte*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite tirée de Sauvas à la Teulière ;

A l'ouest, par une ligne droite de la Teulière aux Salles ;

Au sud, par deux lignes droites tirées des Salles au clocher de Courry, et du clocher de Courry au point A du plan, situé sur la route de Saint-Ambroix à Baune, à 1545 mètres du point de rencontre de cette route avec le chemin vicinal de Courry ;

A l'est, à partir de ce point A par la route de Saint-Ambroix à Baune jusqu'à Sauvas, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de cinq kilomètres carrés, cinquante-neuf hectares.

Art. 5. Le droit attribué aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, est réglé, 1° à une rente annuelle de cinq centimes par hectare pour tous les terrains compris dans la concession; 2° à une indemnité de 25 centimes par 1.000 kilogrammes de minerai extrait et enlevé, pour les propriétaires sous les terrains desquels l'extraction aura été faite.

Ces rétributions seront applicables toutes les fois qu'il n'existera pas à ce sujet de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface. S'il existe de telles conventions, elles seront exécutées, pourvu toutefois qu'elles ne soient pas en opposition avec les règles qui seront prescrites, en vertu de la présente ordonnance, pour la conduite des travaux souterrains, dans la vue d'une bonne exploitation. Dans le cas contraire, lesdites conventions ne pourront donner lieu, entre les parties intéressées, qu'à une action en indemnité, et la rétribution restera déterminée ainsi qu'il est dit au commencement du présent article.

Art. 14. La présente concession ne préjudicie en rien aux droits acquis aux concessionnaires des mines de houille de Martinet de Ganières et des Salles de Ganières, de pratiquer toutes les ouvertures reconnues utiles à l'exploitation des mines de fer de *Pierremorte*, soit auprès de la surface, soit dans la profondeur, sauf l'application réciproque, s'il y a lieu, des dispositions de l'art. 45 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 15. La présente concession ne donne aucun droit aux concessionnaires sur les minerais de fer qui pourraient exister dans le terrain houiller, soit à la surface du sol, soit au-dessous du terrain calcaire, dans l'intérieur du périmètre des concessions houillères des Salles de Ganières et du Martinet de Ganières, minerais dont la concession pourra être accordée particulièrement ainsi qu'il est dit à l'art. 4 ci-dessus.

Cahier des charges de la concession des mines de fer de PIERREMORTE.

(Extrait.)

Art. 2. Les concessionnaires seront tenus de continuer

et compléter l'exploration du gîte de Pierremorte, et de faire des travaux de recherches pour reconnaître d'autres gîtes dans les autres parties de leur concession, ainsi que cela leur sera indiqué par le préfet. Ces divers travaux seront commencés immédiatement après la notification de l'ordonnance de concession, et poursuivis sans interruption sous la direction de l'ingénieur des mines.

Art. 3. Lorsque les travaux prescrits ci-dessus auront été exécutés, et dans le délai de deux ans au plus tard, à dater de la même époque, les concessionnaires adresseront au préfet du département les plans et coupes de leurs mines, dressés sur l'échelle d'un millième, et divisés en carreaux de 10 en 10 millimètres. Ces plans seront accompagnés d'un mémoire indiquant le mode circonstancié des travaux que les concessionnaires se proposeront de suivre pour l'exploitation des gîtes. L'indication de ce mode de travaux sera aussi tracée sur les plans et coupes.

Art. 4. Les plans et mémoires fournis en exécution du précédent article, contiendront le tracé et la déclaration des propriétés territoriales que le champ d'exploitation projeté devra embrasser ; un extrait de la déclaration rédigé par l'ingénieur des mines sera affiché pendant un mois à la porte des mairies, dans toutes les communes où s'étend le périmètre de la concession.

Art. 6. Aussitôt que les concessionnaires porteront l'extraction sous une propriété nouvelle, ils seront tenus d'en prévenir le propriétaire du sol. Ce propriétaire pourra placer à ses frais, sur la mine, un préposé pour vérifier la quotité des produits journaliers de l'exploitation.

Art. 11. Les concessionnaires ne pourront abandonner aucune portion des ouvrages souterrains, sans en avoir prévenu le préfet trois mois au moins à l'avance, afin qu'il soit pourvu à l'exécution des dispositions de police, de sûreté et de conservation, prescrites par les art. 8 et 9 du décret du 3 janvier 1813.

Ils joindront à leur déclaration le plan des ouvrages qu'ils se proposeront d'abandonner.

Les ouvertures au jour des puits et galeries qui deviendront inutiles seront solidement comblées ou bouchées par les concessionnaires, ou à leurs frais, suivant le mode qui sera prescrit par le préfet, sur la proposition de l'ingénieur des mines, et à la diligence des maires des communes, sur le territoire desquelles les ouvertures seront situées.

Art. 12. La déclaration des concessionnaires contiendra la désignation des propriétés territoriales auxquelles correspondra le champ de travaux qu'il s'agira d'abandonner. Cette déclaration sera affichée, ainsi qu'il est dit à l'art. 4 ci-dessus. Les concessionnaires seront tenus de notifier aux propriétaires intéressés l'autorisation du préfet, dans le délai de huit jours, à partir de la notification qui leur en aura été faite à eux-mêmes.

Art. 16. En exécution de l'art. 70 de la loi du 21 avril 1810, les concessionnaires fourniront à l'usine de Bességes la quantité de minerai nécessaire à l'alimentation de cette usine, au prix qui sera fixé par l'administration.

Art. 17. Lorsque les approvisionnements de l'usine ci-dessus désignée auront été assurés, les concessionnaires seront tenus de fournir, autant que leurs exploitations le permettront, à la consommation des usines établies ou à établir dans le voisinage avec autorisation légale. Le prix des minerais sera alors fixé de gré à gré ou à dire d'experts, ainsi qu'il est indiqué en l'art. 65 de la loi du 21 avril 1810, pour les exploitations de minières de fer.

Art. 18. En cas de contestation entre plusieurs maîtres de forges, relativement à leur approvisionnement en minerai, il sera statué par le préfet, conformément à l'art. 64 de la même loi.

Art. 21. Les plans et registre mentionnés en l'article précédent (*plans et registre d'avancement des travaux*), contiendront l'indication des propriétés territoriales sous lesquelles l'exploitation aura lieu.

Art. 25. Les concessionnaires seront tenus de souffrir toutes les ouvertures qui seraient pratiquées pour l'exploitation des mines du Martinet de Ganières et des Salles de Ganières, par les concessionnaires de ces dernières mines, ou même le passage à travers leurs propres travaux, s'il est reconnu nécessaire; le tout, s'il y a lieu, moyennant une indemnité qui sera réglée de gré à gré ou à dire d'experts. En cas de contestation sur la nécessité ou l'utilité de ces ouvertures, il sera statué par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, les parties ayant été entendues, sauf le recours au ministre des travaux publics.

Art. 26. Si l'exploitation des gîtes, objet de la présente concession, fait reconnaître qu'ils s'approchent des gîtes de houille, objet des concessions des Salles de Ganières et du Martinet de Ganières, les concessionnaires ne pourront

exploiter que la partie de leurs gîtes dont l'exploitation sera reconnue sans inconvénients pour les mines desdites concessions. En cas de contestation à ce sujet, il sera statué par le préfet, ainsi qu'il est dit à l'article ci-dessus, et les concessionnaires devront se conformer aux mesures qui seront prescrites par l'administration, dans l'intérêt de la bonne exploitation des deux substances.

Mines de houille de Grand-Champ.

Ordonnance du 30 *juillet* 1841, *portant rectification d'une erreur commise dans celle du* 19 *janvier précédent, laquelle indique que les limites de la concession houillère de* Grand-Champ (Saône-et-Loire), *sont situées sur les communes de* Neuvy *et* Lamotte-Saint-Jean, *tandis qu'elles s'étendent sur ces deux communes et sur celle de* Saint-Agnan.

Mines de lignite de Gréasque et de Belcodène.

Ordonnance du roi, du 16 *août* 1841, *portant interprétation du décret du* 1er *août* 1809, *relatif à la concession de* Gréasque *et de* Belcodène (Bouches-du-Rhône (1).

Louis-Philippe, etc.,

Sur le rapport du comité du contentieux,

Vu la requête à nous présentée au nom de la dame Lurat-Vitalis, propriétaire, demeurant à Aix (Bouches-du-Rhône), ladite requête enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'état, le 26 juin 1839, et tendant à ce qu'il nous plaise, interprétant le décret de concession du 1er juillet 1809, rendu en faveur du sieur de Castellane et de la dame de Cabre, dire et déclarer que les mines de houille existantes dans la propriété de l'exposante, sise au quartier des Plaines, terroir de Fuveau,

(1) Voir, dans le même sens, l'ordonnance du 25 avril 1839, intervenue dans une contestation entre M. de Castellane et les hoirs Coulomb ; voir aussi les observations relatives à cette ordonnance (*Annales des mines*, 3e série, tome xv, pages 718 et 656).

arrondissement d'Aix, ne font pas partie, alors même qu'elles se trouveraient dans les limites du périmètre de la concession du sieur de Castellane et dame de Cabre, de cette dernière concession, qui n'a porté, d'après les termes de son article premier, que sur les propriétés du sieur de Castellane, sises communes de Belcodène et de Gréasque, arrondissement de Marseille;

Condamner le sieur de Castellane aux dépens;

Et avant faire droit, ordonner l'apport au greffe du conseil d'état, de l'expédition entière du susdit décret pour, par la requérante, en prendre communication;

Vu l'arrêt de la cour royale d'Aix, en date du 12 mars 1838, par lequel la cour sursoit à statuer au fond, jusqu'à ce que, à la poursuite de la partie la plus diligente, le conseil d'état, interprétant la teneur et l'étendue de la concession accordée au comte de Castellane, par décret du 1er juillet 1809, ait jugé la question de savoir si les mines concédées par arrêt du conseil, du 15 février 1763, à Joseph Vitalis, que la dame Lurat représente, et situées dans ses propriétés, quartier des Plaines, terroir de Fuveau, arrondissement d'Aix, ont été particulièrement comprises dans la concession du 1er juillet 1809, en faveur du comte de Castellane, terroir de Gréasque et de Belcodène, arrondissement de Marseille, et si, en conséquence, le décret du 1er juillet 1809 a révoqué à cet égard l'arrêt du conseil, du 15 février 1763;

Vu les conclusions à nous présentées au nom de ladite dame Lurat-Vitalis, lesdites conclusions enregistrées comme dessus, le 23 août 1839, et tendantes à ce qu'il nous plaise statuer sur le recours par elle devant nous formé, et condamner le sieur de Castellane, défaillant, à tous les dépens, la requérante déclarant persister dans ses précédentes conclusions;

Vu la requête intitulée *requête de production*, à nous présentée par ladite dame requérante, enregistrée comme dessus, le 18 novembre 1839, par laquelle elle déclare persister dans ses précédentes conclusions;

Ensemble l'expédition de l'acte du 17 juin 1839;

Vu le mémoire en défense à nous présenté au nom du comte de Castellane; ledit mémoire enregistré comme dessus, le 14 janvier 1840, et tendant à ce qu'il nous plaise, en ce qui le concerne personnellement, et pour la part dont il amende dans la petite concession, lui donner

acte de ce qu'il ne s'oppose pas à ce que le décret du 1er juillet 1809, qui lui a fait concession, ainsi qu'à la dame de Cabre, des mines de Belcodène, soit interprété comme il l'a déjà été, mais sans qu'il puisse en résulter aucun droit pour la dame Lurat-Vitalis, sur les mines qui seraient comprises dans la concession faite le même jour, 1er juillet 1809, à la société Ferry-Lacombe, et condamner la requérante aux dépens;

Vu les conclusions additionnelles prises au nom de ladite dame Lurat-Vitalis, enregistrées comme dessus, le 28 janvier 1840, et tendantes à ce qu'il nous plaise donner acte à l'exposante de ce que le comte de Castellane ne s'oppose point à ce que le décret du 1er juillet 1809, qui lui a fait concession, ainsi qu'à la dame de Cabre, des mines de Belcodène, soit interprété comme il l'a déjà été le 27 avril 1839; en conséquence, prononcer, en faveur de l'exposante, la même interprétation, et condamner l'adversaire aux dépens;

Vu la lettre de notre ministre des travaux publics, adressée au vice-président de notre conseil d'état, enregistrée comme dessus, le 20 mai 1840, en réponse à la communication qui lui a été faite du pourvoi;

Vu le mémoire intitulé *dernières observations et conclusions*, à nous présenté au nom de ladite dame Lurat-Vitalis, enregistré comme dessus, le 16 novembre 1840, par lequel elle persiste, et reprend les mêmes conclusions, et conclut en outre à ce qu'il lui soit donné acte de ce qu'elle déclare adhérer purement et simplement aux conclusions du sieur de Castellane, le tout avec dépens;

Vu le mémoire intitulé *dernières observations et conclusions nouvelles*, à nous présenté au nom du comte de Castellane, agissant dans l'intérêt de la concession indivise entre lui et la dame de Cabre ou ses cessionnaires, les sieurs Armand, Michel et Grimaldi de Reguse, ledit mémoire enregistré comme dessus, le 27 janvier 1841, par lequel modifiant et rétractant les conclusions par lui d'abord prises, il conclut à ce qu'il plaise au conseil d'état se déclarer incompétent pour prononcer par la voie contentieuse sur l'interprétation qui lui est demandée; subsidiairement dans le cas où il se reconnaîtrait compétent, dire et déclarer que les mines qui ont été concédées par le décret du 1er juillet 1809, et à la dame de Cabre et audit de Castellane, ne sont pas seulement celles existantes sur leurs propriétés, mais

toutes celles qui peuvent se trouver dans le périmètre qui a été tracé en vertu de l'art. 2 de ce décret ;

Vu les nouvelles observations additionnelles, à nous présentées au nom de la dame Lurat-Vitalis, et enregistrées comme dessus, le 22 mai 1841, par lesquelles, persistant dans toutes ses conclusions, elle conclut additionnellement à ce qu'il nous plaise déclarer que le périmètre de la concession de la dame de Cabre et de Castellane, résultant du décret du 1er juillet 1809, n'a point compris les terrains houillers dont l'exposante se trouve tout à la fois propriétaire et concessionnaire en vertu de l'arrêt du 15 février 1763, et sis quartier des Plaines, terroir de Fuveau, arrondissement d'Aix; subsidiairement dire et déclarer que le sieur de Castellane n'a pas le droit de revenir sur l'acquiescement par lui donné; rejeter en conséquence les dernières conclusions par lui prises et le condamner en tous dépens;

Vu l'expédition des arrêts du conseil du 15 février 1763;

Vu toutes les pièces produites et jointes au dossier;

Vu le décret du 1er juillet 1809, et le décret du 25 juillet 1811;

Vu les lois des 12-28 juillet 1791, 13 pluviôse an IX, et 21 avril 1810;

Vu le décret du 6 mai 1811;

Vu l'ordonnance du 25 avril 1839;

Ouï Me Godart de Saponay, avocat de la dame Lurat-Vitalis;

Ouï Me Scribe, avocat du sieur de Castellane;

Ouï M. Boulatignier, maître des requêtes, remplissant les fonctions du ministère public;

Sur les conclusions tendantes à ce qu'il ne soit pas statué, par la voie contentieuse, sur l'interprétation du décret du 1er juillet 1809 :

Considérant que, dans l'espèce, il s'agit de donner, sur renvoi de l'autorité judiciaire, l'interprétation du décret du 1er juillet 1809, susvisé, et que dès lors c'est avec raison que cette interprétation a été déférée à notre juridiction contentieuse;

Au fond, en ce qui touche l'interprétation demandée :

Considérant que l'art. 1er du décret du 1er juillet 1809, rendu sous l'empire de la loi du 28 juillet 1791, n'a concédé au sieur de Castellane et à la dame de Cabre que le droit d'exploiter les mines de houille existantes dans celles

de leurs propriétés qui étaient situées dans le périmètre tracé par l'art. 2;

Qu'il n'est pas contesté que la dame Lurat-Vitalis ne soit propriétaire de terrains houillers dont l'exploitation a été accordée au sieur Joseph Vitalis, son auteur, par arrêts du conseil, du 15 février 1763, appartenants à ladite dame à l'époque de la concession du 1er juillet 1809, et situés quartier des Plaines, terroir de Fuveau, arrondissement d'Aix, dans l'enceinte du périmètre de ladite concession;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. Les mines situées dans le périmètre tracé par l'art. 2 du décret du 1er juillet 1809, mais sur des propriétés autres que celles du sieur de Castellane et de la dame de Cabre, ne font point partie de la concession à eux accordée par ledit décret.

Art. 2. Le sieur de Castellane est condamné aux dépens.

Art. 3. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'état au département de la justice et des cultes, et notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Lavoir à bras, à Harrancourt.

Ordonnance du 27 août 1841, portant que le sieur THOMAS aîné *est autorisé à établir un lavoir à bras, pour la préparation du minerai de fer, au lieu dit* LE LAVOIR, *commune d'*HARRANCOURT (Ardennes).

(Extrait.)

Art. 13. L'opération du lavage cessera tous les ans au 15 juillet, et ne pourra être reprise qu'au 15 septembre suivant.

Art. 18. La présente permission n'est valable que jusqu'au 24 avril 1844, époque à laquelle expire le dernier bail consenti par le sieur Herbin au permissionnaire.

A la fin de ce bail, le bénéfice de l'autorisation passera au propriétaire du sol, s'il veut en profiter, à charge par

lui de se conformer à toutes les dispositions de ladite permission, et d'indemniser, s'il y a lieu, le sieur Thomas pour la valeur des constructions et travaux d'art de toute espèce.

Ordonnance du 1er septembre 1841, portant qu'il est donné acte du désistement du pourvoi formé par le sieur Caroillon de Vandeuil, *contre l'ordonnance du 8 novembre 1836, qui autorise le sieur* Evre-Plique *à établir un bocard et un patouillet dans la commune de* Thonnance-lès-Joinville (Haute-Marne).

Bocard et patouillet, à Thonnance-lès-Joinville.

Ordonnance du 10 septembre 1841, portant fixation des limites de la concession des mines de houille de Fresnes (Nord).

Mines de houille de Fresnes.

(Extrait.)

Art. 1er. Les limites de la concession de Fresnes, arrondissement de Valenciennes, département du Nord, sont et demeurent fixées ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, 1° par une ligne brisée NM, limitative d'une partie des glacis de la place de Condé ; 2° à partir de l'extrémité M de cette ligne, par la rive gauche de l'Escaut, jusqu'à son intersection, par une ligne droite menée du Rieux de Condé à la chapelle d'Odometz ;

A l'ouest, 1° par la partie de cette ligne droite qui est comprise entre la rive gauche de l'Escaut et la chapelle d'Odometz ; 2° par une autre ligne droite tirée de cette chapelle au clocher de Notre-Dame-des-Bois ; et 3° par la partie d'une troisième ligne droite tirée du clocher de Notre-Dame-des-Bois au clocher de Vicogne, comprise entre le premier de ces clochers et le point d'intersection O de cette ligne avec celle qui part du pont sur la Scarpe, commune de Saint-Amand, près de la porte de Valenciennes, et qui se termine au pont du village d'Escaupont ;

Au sud, 1° par la partie de cette dernière ligne comprise entre ledit point d'intersection O et le pont d'Escaupont ; 2° de là, par la rive gauche de l'Escaut jusqu'au point n° 1, situé à 220 mètres du point K, extrémité ouest de l'arête supérieure du bajoyer le plus au sud de l'écluse de Fresnes ; 3° à partir de ce point n° 1, par une ligne droite faisant avec le méridien un angle vers l'ouest de 13 degrés 1/2, et dont la longueur jusqu'au point n° 2 est de 506 mètres ; 4° par une ligne droite n°s 2, 3, qui fait avec la précédente un angle de 124 degrés 1/2, et dont la longueur est de 380 mètres, le point n° 3 se trouvant sur la ligne droite qui va du pont du village d'Escaupont au clocher de Crespin, et qui limite au nord la concession de Saint-Saulve ; 5° à partir du point n° 3, par la portion n°s 3, 5 de ladite limite de la concession de Saint-Saulve, laquelle fait un angle de 132 degrés 1/2 avec la ligne n°s 2, 3, et a 572 mètres de longueur jusqu'au point n° 5 ;

A l'est, enfin, 1° à partir du point n° 5, par une ligne n°s 5, 6, faisant avec la ligne n°s 3, 5 un angle de 106 degrés 1/2 et longue de 318 mètres ; 2° par une ligne droite n°s 6, 7, qui fait avec la précédente un angle de 109 degrés 1/2, et dont la longueur est de 830 mètres ; 3° par une ligne droite n°s 7, 8, faisant avec la ligne n°s 5, 6 un angle de 80 degrés, et dont la longueur est de 1920 mètres ; 4° par une ligne droite n°s 8, 9, qui fait avec la précédente un angle de 107 degrés, et dont la longueur est de 247 mètres ; 5° par une ligne droite n°s 9, 10, faisant avec la ligne n°s 6, 7 un angle de 96 degrés 1/2, et longue de 200 mètres ; 6° par la portion d'une ligne droite n°s 10, 11, faisant un angle de 128 degrés 1/2 avec la ligne n°s 9, 10, portion longue de 300 mètres, qui est comprise entre le point n° 10 et le point n° 12, situé sur la rive gauche de l'Escaut, le point n° 12 étant l'intersection de la rive gauche de l'Escaut, par une ligne droite menée du centre de la place de la ville de Condé au clocher de Vicq ; 7° à partir du point n° 12, par la rive gauche de l'Escaut, jusqu'au point N, point de départ ;

Lesdites limites comprenant une étendue superficielle de vingt kilomètres carrés, soixante-treize hectares.

Ordonnance du 10 *septembre* 1841, *portant qu'il est fait à MM.* le vicomte DE PRÉVAL, MAHÉRAULT, Albert MATHIEU, Joseph-Fidèle LENGLÉ, Pierre-Joseph PUREUR, Pierre-Joseph PUREUR fils, Carloman HOUZEZ-WATELET, François BLANCHARD, Jean-Baptiste HAUBOURDIN, Jean-Baptiste BOURGOGNE, Dominique BLANCHARD, PETIT-LEFEBVRE, Jean-Baptiste CORNU, François HAUBOURDIN et Jean-Baptiste FLEURY, *concession de mines de houille, communes de* THIVENCELLES *et de* SAINT-AYBERT (Nord). Mines de houille de Saint-Aybert.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Saint-Aybert*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par la partie de l'ancien lit de la Hayne, comprise entre le point S et le point T du plan;

A l'est, par la partie de la frontière belge comprise entre le point T et le point C', extrémité d'une ligne C' b' passant par le Ponchaud et aboutissant en B', milieu de la partie d'une autre droite tirée du fort du Pigeonnier à l'angle 9 du canal de la Hayne, et comprise entre le point E d'intersection de cette droite avec le courant des canaux et ledit point 9;

Au sud, par la ligne B' C' et par la partie de la ligne E 9 comprise entre les points B' E qui sont ci-dessus déterminés;

A l'ouest, par la partie de la limite du territoire de Condé, qui s'étend de E en S, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quatre kilomètres carrés, cinquante-cinq hectares.

Ordonnance du 10 *septembre* 1841, *portant qu'il est fait à MM.* Jean-de-Dieu SOULT, *duc de* DALMATIE, Napoléon-Hector SOULT, *marquis de* DALMATIE, Pierre GENTY DE BUSSY, Valérien-Louis- Mines de houille d'Escaupont.

Charles *comte de* Noue, Julien-Louis Lenglé, Marguerite Lemer *veuve* Crudenaire, Jean-Baptiste Mention, Louis Mention, Grégoire Dugnolle, Jean-Edmond Hamoir, Philippe-Joseph Lécuyer, Jérôme de Bailliencourt, Louis-François Hocque-Desmazures, Alexis-Olivier-Célestin Lebarbier, Thierry-Eugène Bruneau, Adolphe Dupire, Numa Gras, Amédée Hamoir, Paul Hamoir, Denis Hamoir, Edouard Hamoir, Alexis-Joseph Mention, Jean-Hippolyte Lefebvre et Auguste Charpentier-Fouclère, *concession de mines de houille, communes de* Fresnes, Escaupont et Vicq (Nord).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Escaupont*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-ouest, par la rive gauche de l'Escaut, depuis le pont d'Escaupont jusqu'au point V d'intersection de cette rive avec l'une des limites de la concession de Fresnes, point d'intersection qui est à 220 mètres de l'extrémité ouest de l'arête supérieure du bajoyer le plus au sud de l'écluse de Fresnes;

A l'est, à partir du point V par la partie de la limite de la concession de Fresnes, qui se trouve sur le territoire de cette commune;

Au sud, par la partie nord de la concession de Saint-Saulve, comprise entre le point le plus au midi de cette même partie de limite de la concession de Fresnes et le pont d'Escaupont, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle d'un kilomètre carré, dix hectares.

Mines de houille de Thivencelles.

Ordonnance du 10 *septembre* 1841, *portant qu'il est fait à MM.* Jean-de-Dieu Soult, *duc de* Dalmatie, Napoléon-Hector Soult, *marquis de* Dalmatie, Pierre Genty de Bussy, Valérien-Louis-

Charles *comte de* Noue, Julien-Louis Lenglé, Marguerite Lemer *veuve* Crudenaire, Jean-Baptiste Mention, Ulysse Mention, Louis Mention, Grégoire Dugnolle, Jean-Edmond Hamoir, Philippe-Joseph Lécuyer, Jérôme de Bailliencourt, Louis-François Hocque-Desmazures, Alexis-Olivier-Célestin Lebarbier, Thierry-Eugène Bruneau, Adolphe Dupire, Numa Gras, Amédée Hamoir, Edouard Hamoir, Denis Hamoir, Paul Hamoir, Alexis-Joseph Mention, Jean-Hippolyte Lefebvre et Auguste Charpentier-Fouclère, *de mines de houille*, *communes de* Vicq, Quarouble, Thivencelles, St-Aybert *et* Crespin (Nord).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Thivencelles*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, 1° par la partie d'une ligne partant du centre du fort du Pigeonnier, et aboutissant au point 9, où la rivière de l'Hongnau coupe le canal de dérivation de la Hayne, laquelle partie est comprise entre le point E, situé sur le courant des canaux, et le point B^2, milieu de la distance qui existe entre les points E et 9 de la même ligne; 2° par une autre ligne droite tirée du point B^2 au Ponchaud, et prolongée jusqu'au C^2, point de son intersection avec la frontière du royaume de Belgique ;

A l'est, à partir du point C^2, par cette frontière jusqu'à son intersection en U avec la rivière de l'Hongnau ; et de ce point par cette rivière jusqu'au moulin de Crespin, l'un des points de la limite nord de la concession de Saint-Saulve;

Au sud, à partir du moulin de Crespin, par la partie de la limite nord de cette dernière concession, comprise entre ledit moulin et le point W le plus au sud de la limite de la portion de la concession de Saint-Saulve, qui se trouve sur la rive droite de l'Escaut;

A l'ouest, à partir du point W, par les limites des

concessions de Fresnes et de Condé, jusqu'en E, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de neuf kilomètres carrés, quatre-vingt-un hectares.

Mines de houille de la Chapelle.

Ordonnance du 10 *septembre* 1841, *portant qu'il est fait concession à M.* Joseph Agarrat, *de mines de houille, commune de* Collobrières, *arrondissement de* Toulon (Var).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de la Chapelle*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, par quatre lignes droites :

1° De la Bastide-des-Grès à la Chapelle-Notre-Dame;

2° De la Chapelle-Notre-Dame à la masure Brunet, mais seulement jusqu'au point d'intersection de ladite ligne avec une autre ligne droite allant de la Basque au confluent du ravin de la Molière et du ruisseau de Collobrières;

3° De ce point d'intersection au confluent du ravin de la Molière et du ruisseau de Collobrières, ladite ligne prolongée jusqu'à son intersection avec la ligne droite allant de la Bastide-des-Grès à la borne n° 69 de la limite de la commune de Pierrefeu;

4° De ce point d'intersection à la Bastide-des-Grès, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle d'un kilomètre carré, quatre hectares.

Recherches de minerais de zinc, commune de Lusse.

Ordonnance du roi du 11 *septembre* 1841, *qui autorise le sieur* Renaud St-Amour, *à opérer des fouilles pour la recherche et la reconnaissance de*

minerais de zinc dans des terrains appartenant à la commune de LUSSE (Vosges) (1).

LOUIS-PHILIPPE, etc.,

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics :

Vu la demande adressée au préfet des Vosges, le 25 juillet 1840, par M. Renaud-Saint-Amour, à l'effet d'obtenir la permission de faire des recherches de minerais de zinc dans un terrain appartenant à la commune de Lusse ;

La délibération du conseil municipal de Lusse, du 9 août 1840, par laquelle il déclare refuser son consentement ;

L'opposition de plusieurs habitants de ladite commune, du 13 du même mois ;

L'avis du sous-préfet de l'arrondissement de Saint-Dié, du 2 septembre 1841 ;

Le rapport de l'ingénieur en chef des mines, du 20 décembre suivant ;

La lettre de M. Renaud Saint-Amour, du 30 du même mois, par laquelle il se soumet à payer les indemnités qui pourront être dues à la commune de Lusse, pour dégâts et non-jouissance du sol ;

L'avis du préfet, du 4 janvier 1841 ;

L'avis du conseil général des mines, du 19 mars ;

Vu les art. 10, 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810 ;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. M. Renaud Saint-Amour est autorisé à opérer des fouilles pour la recherche et la reconnaissance de minerais de zinc, dans le terrain dont la commune de Lusse est propriétaire, en amont du Pré de la Bouderie, que le permissionnaire possède au même lieu.

Art. 2. Avant le commencement des fouilles, il sera dressé, par les agents communaux, procès-verbal de l'état des lieux où les travaux devront être établis.

Art. 3. Les déblais provenant de ces travaux seront déposés sur les places indiquées par le maire de la commune, et de préférence dans les excavations qui existent déjà.

---

(1) Voir les observations relatives à cette ordonnance, page 641 et suivantes.

Art. 4. Le permissionnaire sera tenu de combler et de niveler, autant que possible, au fur et à mesure qu'elles seront abandonnées, les excavations produites par ses recherches. Ces travaux de remblai seront exécutés d'office par les ordres du maire de Lusse, dans les trois premiers mois qui suivront l'expiration de la présente permission, s'ils n'ont pas été faits immédiatement par M. Renaud Saint-Amour.

Art. 5. Tous travaux d'exploitation sont formellement interdits au permissionnaire, qui ne pourra exécuter que des travaux de recherche et de reconnaissance ; et il n'est rien préjugé sur le choix qui pourra être fait ultérieurement d'un concessionnaire pour les mines de zinc qui viendraient à être découvertes.

Art. 6. Le permissionnaire se conformera, pour la conduite des recherches, aux lois et règlements sur les mines, ainsi qu'aux instructions qui lui seront données par le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 7. Il payera à la commune de Lusse, préalablement à tous travaux, les indemnités qui peuvent lui être dues à raison de l'occupation des terrains.

A défaut d'accord entre les parties, lesdites indemnités seront déterminées par le conseil de préfecture, d'après le mode établi par les art. 56 et 57 de la loi du 16 septembre 1807, et en suivant les règles prescrites par les art. 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 8. La durée de la permission est fixée à deux années, à partir du jour de la notification qui aura été faite de la présente ordonnance au permissionnaire.

Art. 9. En cas d'interruption des travaux sans cause reconnue légitime, de contraventions qui seraient de nature à compromettre la sûreté publique ou celle des ouvriers, ou d'infractions aux dispositions ci-dessus prescrites, la permission pourra être retirée sur la proposition du préfet et l'avis de l'ingénieur des mines, le permissionnaire ayant été entendu. Elle cessera de plein droit, si la concession est instituée avant le terme indiqué dans l'article précédent.

Art. 18. Notre ministre secrétaire d'état des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera affichée pendant un mois dans la commune de Lusse, à la diligence du maire et aux frais du permissionnaire.

Ordonnance du 11 *septembre* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Pierre-Antoine Guyot, Jean-Baptiste Charpin *et* Nicolas Bellet, *de mines d'anthracite, commune du* Mont-de-Lans (Isère). Mines d'anthracite des Mays

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des Mays*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir : .

Au nord, par l'arête culminante du col des Mays, formant la ligne de partage des eaux entre les communes de Venosc et du Mont-de-Lans, depuis l'extrémité nord de la base du rocher de Pied-Montet jusqu'à la rencontre de ladite arête avec une ligne droite tirée de la fontaine de la Manche à la naissance de la Combe-Combas;

A l'est, par une ligne droite menée dudit point de rencontre à la naissance de la Combe-Combas;

Au sud, par la limite de la commune de Venosc, depuis la naissance de Combe-Combas jusqu'à l'extrémité sud de la base du rocher de Pied-Montet;

A l'ouest, par une ligne droite tirée de l'extrémité sud du rocher de Pied-Montet à l'extrémité nord du même rocher, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de vingt-trois hectares, soixante-huit ares.

Art. 6. Ils (*les concessionnaires*) livreront aux habitants de la commune du Mont-de-Lans la quantité d'anthracite nécessaire à leur chauffage, à un prix qui ne pourra excéder 75 centimes pour 100 kilogr., pris sur le carreau de la mine.

Au bout de cinq ans, le prix ci-dessus fixé sera revisé et réglé de nouveau par le préfet du département, sur le rapport des ingénieurs des mines, après que les concessionnaires et le conseil municipal auront été entendus. Une révision semblable aura lieu dans les mêmes formes de cinq en cinq années.

En cas de contestations relatives à la quotité de la livraison, le préfet déterminera, sur le rapport de l'ingé-

nieur des mines, et après que les concessionnaires intéressés auront été entendus, la proportion dans laquelle les concessionnaires des Mays devront fournir, pour leur part, aux besoins des habitants de la commune du Mont-de-Lans.

Mines d'anthracite du Parc.

Ordonnance du 11 *septembre* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Pierre Ronna, Charles Sorrel, Jean-Louis Fleur, Jacques Albert *et* Anselme Gautier, *de mines d'anthracite, commune du* Mont-de-Lans (Isère).

(Extrait.)

Cette concession, qui prendra le nom de *concession du Parc*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au sud, par l'arête culminante du col des Mays, formant la ligne de partage des eaux entre les communes de Venosc et du Mont-de-Lans, depuis l'extrémité nord de la base du rocher de Pied-Montet jusqu'à la rencontre de ladite arête avec une ligne tirée de la fontaine de la Manche à la naissance de la Combe-Combas;

Au nord-est, par une ligne droite menée dudit point de rencontre à la fontaine de la Manche;

Au nord-ouest, par une ligne droite tirée de la fontaine de la Manche jusqu'à l'extremité nord de la base du rocher de Pied-Montet;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quatorze hectares, quatorze ares.

Art. 6 (*ut suprà*).

Haut-fourneau, à Autrey.

Ordonnance du 11 *septembre* 1841, *portant que le sieur* Huot (Marie-François-Xavier), *est autorisé à conserver et tenir en activité le haut-fourneau qui existe au bout de la chaussée de l'étang d'*Autrey, *commune de ce nom, arrondissement de* Gray (Haute-Saône).

Ordonnance du 11 septembre 1841, portant que le sieur Pierre-Jean-Louis RULLIER *est autorisé à établir deux lavoirs à bras pour la préparation du minerai de fer, dans la commune de* CHAMPIGNEULLES (Haute Marne), *sur un terrain qu'il tient à bail des sieurs* Thiébaut BARRARD *et* COLLIN-HUSSON, *ce dernier agissant comme tuteur du mineur* Auguste COLLIN. Lavoirs à bras, à Champigneulles.

(Extrait.)

Art. 7. Le lavage devra être interrompu chaque année depuis le 1er mai jusqu'au 1er octobre.

Art. 17. La présente permission n'est valable que jusqu'au 11 novembre 1845, époque à laquelle doit finir le bail consenti au sieur Rullier, au nom du mineur Auguste Collin.

A cette époque, le bénéfice de la permission passera aux propriétaires du sol s'ils veulent en profiter, à charge par eux de se conformer à toutes les dispositions de ladite permission, et d'indemniser, s'il y a lieu, le sieur Rullier, pour la valeur des constructions et travaux de toute espèce.

Ordonnance du 12 septembre 1841, portant qu'il est fait concession aux sieurs Nicolas-Joseph ANSELIN, Clément CASIEZ, Pierre-Joseph-François-Xavier DE FRAMERY, Marc DOUAI, Fénélon FAREZ et autres, *de mines de houille situées dans l'arrondissement de* VALENCIENNES (Nord). Mines de houille de Vicoigne.

(Extrait.)

Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Vicoigne*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit :

Au nord, par une ligne droite qui serait menée du point *nord-est* de la concession d'Hasnon et qui passerait par la

chapelle Notre-Dame-d'Amour, en se prolongeant jusqu'au point F situé à la rencontre de la droite qui limite au couchant la concession de Raismes;

A l'est, par la limite de la concession de Raismes, à partir dudit point F jusqu'au point A, clocher de Vicoigne, situé aussi sur la limite de la concession d'Anzin;

Au sud, par ladite limite de la concession d'Anzin, à partir du point A jusqu'au point K, où cette limite rencontre celle de la concession d'Hasnon;

A l'ouest, par ladite limite de la concession d'Hasnon, à partir du point K jusqu'au point V, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de treize kilomètres carrés, vingt hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de houille de VICOIGNE.

(Extrait.)

Art. 7. Les concessionnaires ne pourront pratiquer aucune ouverture de travaux dans les parties des forêts qui appartiennent à l'Etat et qui se trouvent situées dans l'enceinte de la concession, avant qu'il ait été dressé contradictoirement procès-verbal de l'état des lieux, afin que l'on puisse constater, au bout d'un an, et successivement chaque année, les indemnités qui seront dues.

Les déblais extraits de ces travaux seront déposés aussi près qu'il sera possible de l'entrée des mines, dans les endroits les moins dommageables, lesquels seront désignés par le préfet, sur la proposition des agents forestiers locaux, les concessionnaires et l'ingénieur des mines ayant été entendus.

Art. 8. Ils seront civilement responsables des dégâts commis dans ces forêts par leurs ouvriers ou par leurs bestiaux. Cette responsabilité s'étendra à la distance des exploitations fixée par l'art. 31 du Code forestier.

Art. 9. Lorsque les concessionnaires abandonneront une ouverture de mine, ils pourront être tenus de la faire combler en nivelant le terrain, et de faire repeupler ce terrain en essence de bois convenable au sol. Cette dispo-

sition sera ordonnée, s'il y a lieu, par un arrêté du préfet sur le rapport des agents de l'administration forestière et des ingénieurs des mines, les concessionnaires ayant été entendus, sauf recours devant le ministre des travaux publics.

Ordonnance du 12 *septembre* 1841, *portant qu'il est fait concession à madame* Marie-Victoire-Caroline de PERRIN-BRASSAC-MONTPINIER, *veuve du sieur* baron DE LACGER, *aux sieurs* Jacques-Louis-Barthélemy JALABERT, fils aîné, *et* Jean-Pierre-Joseph GRAND, *de mines de lignite situées dans la commune de* LABRUGUIÈRE, *arrondissement de* CASTRES (Tarn). **Mines de lignite de Labruguière.**

(Extrait.)

Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Labruguière*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'ouest, par une ligne tirée du pont sur le Thoré, près de Labruguière, à l'angle nord-est de la métairie la Peyre ;

Au sud, par une ligne tirée de la Peyre, au confluent du ruisseau de Saint-Hilaire avec le Thoré ;

A l'est et au *nord*, par le cours du Thoré, depuis ce confluent jusqu'au pont sus-mentionné, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de trois kilomètres carrés, trente-un hectares.

Art. 4. Le droit attribué aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, est réglé : 1° à une rente de cinq centimes par hectare que les concessionnaires acquitteront annuellement aux propriétaires de tous les terrains compris dans la concession ;

2° A une redevance égale au cinquantième de la valeur du produit brut, payable seulement aux propriétaires des terrains sur lesquels l'extraction aura lieu.

Cette rétribution sera applicable toutes les fois qu'il n'existera pas à ce sujet de conventions antérieures entre

les concessionnaires et les propriétaires de la surface. S'il existe de telles conventions, elles seront exécutées, pourvu toutefois qu'elles ne soient pas en opposition avec les règles qui seront prescrites, en vertu de la présente ordonnance, pour la conduite des travaux souterrains, dans la vue d'une bonne exploitation. Dans le cas contraire, lesdites conventions ne pourront donner lieu, entre les parties intéressées, qu'à une action en indemnité, et la rétribution restera déterminée ainsi qu'il est dit au commencement du présent article.

Cahier des charges de la concession des mines de lignite de Labruguière.

(Extrait.)

Art. 2, 3, 5, 10, 11, 19 (*mêmes articles que ceux du cahier des charges de la concession houillère de* Lempret, *rapportés plus haut.*)

Mines de sel et sources salées de Vic.

Ordonnance du 12 septembre 1841, portant qu'il est fait concession au domaine de l'état, pour être attachées à perpétuité à la saline, dite la mine de Vic, à partir du 1er octobre 1841, des mines de sel et sources salées situées sur une partie des territoires des communes de Vic, Salonnes, Chateau-Salins *et* Amélécourt, *arrondissement de* Chateau-Salins (Meurthe).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Vic,* est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'est, par la limite des communes de Vic et de Moyenvic, depuis la borne tribanale de Vic, Moyenvic et Salival (point A du plan), jusqu'à la route de Dieuze à Nancy (point B du plan);

De ce point, en suivant cette route, jusqu'au chemin de Vic à Arracourt (point C du plan);

De ce point, par ledit chemin de Vic à Arracourt, jusqu'à la rencontre du ruisseau dit de Charme (point D du plan);

Au sud, par une ligne droite menée du point D précédent au point où le chemin de Vic à Saint-Jean-Fontaine entre dans le bois (point E du plan);

De ce point, en suivant la limite des bois jusqu'à la limite des communes de Vic et de Salonnes (point F du plan);

De ce point, en suivant cette limite jusqu'au chemin dit des Rayeux (point G du plan);

De ce point, en suivant ce chemin, jusqu'à l'endroit où il entre dans le bois particulier de Burthécourt (point H du plan);

De ce point, en suivant la limite des bois, jusqu'à ce qu'elle atteigne le territoire de Chambrey (point I du plan)

A l'ouest, par la limite des communes de Chambrey et Salonnes, jusqu'au chemin qui joint ces deux villages (point J du plan);

De ce point, en suivant la route de Nancy à Château-Salins, jusqu'à l'entrée de cette dernière ville (point K du plan);

De ce point, en suivant la limite de la section D (de la ville) avec la section C (du couchant), de la commune de Château-Salins, jusqu'au chemin dit de Baleau (point L du plan);

De ce point, en contournant la limite de la commune de Château-Salins avec la commune de Coutures, jusqu'au chemin de Coutures à Amélécourt (point M du plan);

De ce point, en suivant ledit chemin, jusqu'à la limite des sections D (du village) et C (des prés) de la commune d'Amélécourt (point N du plan);

Au nord, de cette limite, depuis le point N du précédent, jusqu'à la rencontre de la route de Château-Salins à Sarreguemines (point O du plan);

De ce point, par une ligne droite menée à l'angle nord-est de la section A (du nord) de la commune de Château-Salins (point P du plan);

De ce point, par une ligne droite menée à la borne tribanale des communes d'Amélécourt, Lubécourt, Puttigny et Château-Salins (point Q du plan);

De ce point, en suivant la limite des communes de Château-Salins et Puttigny, jusqu'au chemin d'Edival (point R du plan);

De ce point, par ledit chemin d'Edival, jusqu'à la rencontre de la route de Metz à Strasbourg (point S du plan);

De ce point, par le chemin de Château-Salins à Salonnes, jusqu'à la limite des sections C (de la haute borne) et D du village de la commune de Salonnes (point T du plan);

De ce point, en suivant cette limite, puis celle de la même section C (de la haute borne) avec la même commune de Vic, jusqu'au chemin dit de Château-Salins (point U du plan);

De ce point, par une ligne droite menée à l'intersection de la route de Château-Salins à Vic, avec le chemin de la Verte-Troche (point V du plan);

De ce point, en suivant ladite route de Château-Salins à Vic, jusqu'à l'entrée de cette dernière ville (point X du plan);

De ce point, en suivant le chemin de Vic à Salival, jusqu'à la borne tribanale des communes de Vic, Moyenvic et Salival (point de départ A du plan);

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de dix-neuf kilomètres carrés, cinquante-cinq hectares.

Art. 6. Il (*le concessionnaire*) acquittera la redevance fixe établie par la loi du 21 avril 1810, et le décret du 6 mai 1811, ainsi qu'il est déterminé par l'art. 4 de la loi du 17 juin 1840.

Il acquittera en outre toutes les charges résultant des lois relatives à l'impôt sur le sel.

Cahier des charges de la concession des mines de sel et de sources salées de Vic.

Art. 1er. Dans le délai de trois mois, à dater de la notification de l'ordonnance de concession, il sera planté des bornes sur tous les points servant de limites à la concession où cette mesure sera reconnue nécessaire, et spécialement aux points du plan A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V et X.

L'opération aura lieu aux frais du domaine, à la diligence du préfet et en présence de l'ingénieur des mines et du commissaire du roi près la saline de Dieuze, lesquels en dresseront procès-verbal. Expéditions de ce procès-verbal seront déposées aux archives de la préfecture du département de la Meurthe et à celles des mairies des communes de Vic, Château-Salins, Salonnes et Amélécourt.

Art. 2. Dans le délai d'un an, à partir de la même époque, le concessionnaire adressera au préfet du département les plans et coupes des travaux ouverts jusqu'à présent sur le territoire de la commune de Vic, dressés sur l'échelle d'un millième et divisés en carreaux de 10 en 10 millimètres avec leur situation, par rapport aux habitations, routes et chemins.

Art. 3. Il joindra aux plans et coupes mentionnés à l'article précédent un mémoire circonstancié indiquant la manière dont il entend procéder à l'exploitation, la disposition générale des travaux qu'il se propose d'exécuter, et la situation des nouveaux puits, galeries et trous de sonde qu'il voudra ouvrir, par rapport aux habitations, routes et chemins. Le concessionnaire joindra tous les plans et coupes nécessaires à l'intelligence du projet; les plans seront d'ailleurs tracés de la même manière que ceux mentionnés à l'article précédent.

Art. 4. Le projet ci-dessus mentionné, ainsi que les plans à l'appui, seront portés à la connaissance du public; à cet effet, des affiches seront apposées dans chaque mairie, dans les communes comprises dans ce projet, et une copie du plan sera déposée dans chaque mairie.

Art. 5. Sur le vu de ces pièces et sur le rapport des ingénieurs des mines, le préfet autorisera l'exécution du projet des travaux, s'il ne doit en résulter aucun des inconvénients et dangers énoncés dans le titre 5 de la loi du 21 avril 1810, ou dans les titres 2 et 3 du décret du 3 janvier 1813, ou dans l'article 21 de l'ordonnance du 7 mars 1841, et si le projet assure aux mines une exploitation régulière et durable, en se coordonnant, s'il y a lieu, soit avec la marche des exploitations voisines, soit avec l'exécution des travaux qui pourraient être ultérieurement prescrits par l'administration dans l'intérêt général. Dans le cas contraire, le préfet apportera au projet les modifications nécessaires d'après les motifs ci-dessus indiqués, avant d'en autoriser l'exécution, sauf recours, s'il y a lieu, devant le ministre des travaux publics.

Lorsque le projet d'exploitation aura été approuvé, il ne pourra être changé sans une nouvelle autorisation.

Art. 6. Il ne pourra être procédé à l'ouverture de puits, galeries ou trous de sonde partant du jour pour être mis en communication avec des travaux existants sans une autorisation du préfet, accordée sur la demande du conces-

sionnaire et sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 7. Dans tous les cas où l'exploitation compromettrait la sûreté publique, la conservation des travaux, la sûreté des ouvriers ou des habitations de la surface, il y sera pourvu par le préfet, ainsi qu'il est pratiqué en matière de grande voirie, conformément à l'art. 50 de la loi du 2 avril 1810.

Art. 8. Toutes les fois que le concessionnaire voudra ouvrir un nouveau champ d'exploitation, il adressera au préfet un mémoire indiquant son projet de travaux, accompagné des plans et coupes nécessaires à l'intelligence du projet, le tout dressé conformément à ce qui est prescrit par l'art. 3 ci-dessus ; le projet et les plans seront portés à la connaissance du public, conformément à ce qui est prescrit par l'art. 4 ci-dessus ; puis le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, approuvera ou modifiera ce projet, ainsi qu'il est dit en l'art. 5. Les plans devront se rattacher au plan général de la concession.

Art. 9. Chaque année, dans le courant de janvier, le concessionnaire adressera au préfet les plans et coupes des travaux exécutés dans le cours de l'année précédente. Ces plans, dressés à l'échelle d'un millième, de manière à pouvoir être rattachés aux plans généraux désignés dans les articles précédents, et renfermant toutes les indications mentionnées auxdits articles, seront vérifiés, s'il y a lieu, par les ingénieurs des mines.

Art. 10. Dans le cas où des circonstances imprévues, ou l'approfondissement des mines, obligeraient à apporter des modifications aux modes d'exploitation qui auront été déterminés conformément aux articles précédents, il y sera pourvu de la manière indiquée auxdits articles, sur la proposition du concessionnaire ou sur la proposition des ingénieurs des mines, après que les uns et les autres auront été entendus, et que les projets auront été portés à la connaissance du public, conformément à ce qui est prescrit par l'article ci-dessus.

Art. 11. Le concessionnaire ne pourra abandonner aucune partie notable des ouvrages souterrains, sans en avoir prévenu le préfet, trois mois à l'avance, pour l'exécution des dispositions prescrites par les art. 8 et 9 du règlement de police souterraine du 3 janvier 1813, et sans que l'abandon ait été autorisé, sur le rapport des ingé-

nieurs des mines, par le préfet, lequel statuera sur la demande avant le délai ci-dessus.

Les ouvertures au jour des puits, galeries ou trous de sonde, qui deviendront inutiles, seront solidement comblées ou bouchées par le concessionnaire ou à ses frais, suivant le mode qui sera prescrit par le préfet, sur la proposition des ingénieurs des mines, et à la diligence des maires des communes sur le territoire desquelles les ouvertures seront situées.

Art. 12. Le concessionnaire tiendra les travaux des mines en activité constante, et ne pourra les suspendre sans cause reconnue légitime par l'administration.

Art. 13. Il devra exploiter de manière à ne pas compromettre la sûreté publique, celle des ouvriers, la conservation des mines, et de manière à pourvoir aux besoins des consommateurs.

Il se conformera, à cet effet, aux instructions qui lui seront données par l'administration et par les ingénieurs des mines, d'après les observations auxquelles la visite et la surveillance des mines pourront donner lieu.

Art. 14. Il sera tenu de placer à l'orifice des puits d'extraction ou d'épuisement, des machines en quantité et de force suffisante pour pourvoir aux besoins de la consommation, et pour assécher convenablement les travaux; les machines d'extraction seront toujours garnies d'un frein en bon état.

Art. 15. Le concessionnaire ne pourra pratiquer aucuns travaux dans les forêts domaniales ou communales, comprises dans l'étendue de la concession, avant qu'il ait été dressé contradictoirement procès-verbal de l'état des lieux, afin que l'on puisse constater, au bout d'un an et successivement, les indemnités qui seront dues.

Les déblais extraits des travaux seront déposés aussi près qu'il sera possible de l'entrée des mines, dans les endroits les moins dommageables, qui seront désignés par le préfet, sur la proposition des agents forestiers locaux, le concessionnaire et les ingénieurs des mines ayant été entendus.

Art. 16. Les chemins qu'il pourra être utile d'établir dans les forêts domaniales ou communales, pour le transport des matériaux, seront fixés contradictoirement avec les agents forestiers, lesquels seront également appelés à désigner les arbres dont l'abattage sera reconnu né-

cessaire. Ces arbres seront vendus en la forme des menus marchés, et le prix d'adjudication sera versé, selon le cas, dans la caisse du receveur des finances de l'arrondissement ou dans celle de la commune.

Art. 17. Il sera civilement responsable des dégâts commis dans la forêt par ses ouvriers et bestiaux. Cette responsabilité s'étendra à la distance des exploitations fixée par l'art. 31 du code forestier.

Art. 18. Lorsque le concessionnaire abandonnera une ouverture de mine, il pourra être tenu de la faire combler en nivelant le terrain, et de faire repeupler ce terrain en essences de bois convenables au sol; cette disposition sera ordonnée, s'il y a lieu, par un arrêté du préfet, sur les rapports des agents de l'administration forestière et des ingénieurs des mines, le concessionnaire ayant été entendu, sauf recours devant le ministre des travaux publics.

Art. 19. En exécution de l'art. 14 de la loi du 21 avril 1810, le concessionnaire ne pourra confier la direction de ses mines qu'à un individu qui aura justifié de la capacité suffisante pour bien conduire les travaux. Conformément à l'art 25 du décret du 3 janvier 1813, il ne pourra employer, en qualité de maître mineur ou de chef d'atelier souterrain, que des individus qui auront travaillé au moins pendant trois ans dans les mines, comme mineurs, boiseurs et charpentiers, ou des élèves de l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne, ayant achevé leurs cours d'étude et pourvus d'un brevet.

Aux termes de l'art. 26 du même décret de 1813, le concessionnaire n'emploiera que des mineurs et ouvriers porteurs de livrets.

Art. 20. En exécution des décrets des 18 novembre 1810 et janvier 1813, le concessionnaire tiendra constamment en ordre et à jour sur chaque mine, 1° les plans et coupes des travaux souterrains dressés sur l'échelle d'un millimètre pour mètre; 2° un registre constatant l'avancement journalier des travaux et les circonstances de l'exploitation dont il sera utile de conserver le souvenir, telles que l'allure des gîtes, leur épaisseur, la qualité des minerais, la nature du toit et du mur, le jaugeage des eaux affluentes dans les mines, etc., et les changements notables qui peuvent survenir dans toutes ces choses; 3° un registre de contrôle journalier des ouvriers employés aux travaux ex-

térieurs et intérieurs ; 4o un registre d'extraction et de vente. Il communiquera ces registres et plans aux ingénieurs des mines en tournée, afin que ces ingénieurs puissent y inscrire les procès-verbaux, observations et instructions dont il est fait mention dans le décret du 3 janvier 1813.

Le concessionnaire transmettra en outre au préfet, dans la forme et aux époques qui lui seront indiquées, l'état certifié de ses ouvriers et celui des produits extraits dans le cours de l'année précédente.

Art. 21. En cas de refus, de négligence ou d'inexactitude de la part du concessionnaire, en ce qui concerne l'exécution des dispositions de l'article précédent, le préfet fera lever les plans et prendre les renseignements nécessaires par un ingénieur des mines ou par un autre agent commissionné par lui.

Le préfet pourra également ordonner la levée d'office des plans que le concessionnaire n'aurait pas fournis, en exécution de l'art. 9 ci-dessus, ou dont l'inexactitude aurait été reconnue par les ingénieurs des mines.

Art. 22. Si le concessionnaire n'adressait pas au préfet, dans les délais prescrits, les plans, coupes et mémoires explicatifs exigés par les art. 2 et 3 ; enfin, s'il ne suivait pas le mode d'exploitation qui aurait été autorisé par le préfet, conformément à ce qui est spécifié aux art. 4, 5 et 8, les exploitations seraient considérées comme pouvant compromettre la sûreté publique ou la conservation de la mine, et il y serait pourvu en exécution de l'art. 50 de la loi du 21 avril 1810. En conséquence, dans chacun de ces cas, la contravention ayant été constatée par un procès-verbal de l'ingénieur des mines, la mine sera mise en surveillance spéciale, et il y sera placé, aux frais du concessionnaire, un garde-mine ou tout autre préposé nommé par le préfet, à l'effet de lui rendre un compte journalier de l'état des travaux, et de proposer telle mesure de police qu'il jugera nécessaire.

Sur ces propositions et sur le rapport des ingénieurs des mines, le préfet pourra autoriser l'exécution des travaux reconnus nécessaires à la sûreté publique ou à la conservation de la mine, et la suspension ou l'interdiction des ouvrages reconnus dangereux, sauf à en rendre compte immédiatement au ministre des travaux publics.

Art. 23. Les frais auxquels donnera lieu l'application

des articles précédents seront réglés administrativement, et le recouvrement en sera poursuivi comme il est prescrit en matière de grande voirie; en cas de contestation, il sera statué par le conseil de préfecture.

Art. 24. Dans le cas où le gouvernement reconnaîtrait nécessaire à la sûreté ou à la prospérité de la concession ou des concessions voisines, de faire exécuter des travaux d'art souterrains ou extérieurs, communs à plusieurs exploitations, et destinés à les préserver d'inondations, tels que galeries d'écoulement, moyens d'épuisement des eaux, etc., le concessionnaire sera tenu de souffrir l'exécution de ces travaux dans l'étendue de sa concession.

Il sera pourvu à l'établissement des travaux ci-dessus désignés conformément à la loi du 27 avril 1838.

Art. 25. Dans tous les cas où les lois et règlements sur les mines autorisent l'administration à faire exécuter des travaux dans les mines aux frais du concessionnaire, le défaut de payement de la part de celui-ci donnera lieu à l'application des dispositions de l'art. 6 de la loi du 27 avril 1838.

Art. 26. Si les gîtes exploités dans la concession se prolongent hors de cette concession, le préfet du département pourra ordonner, sur le rapport des ingénieurs des mines, le concessionnaire ayant été entendu, qu'un massif soit réservé intact sur chaque gîte, près de la limite de la concession, pour éviter que les exploitations soient mises en communication avec celles qui auraient lieu dans une concession voisine, d'une manière préjudiciable à l'une ou à l'autre mine. L'épaisseur des massifs sera déterminée par l'arrêté du préfet, qui en ordonnera la réserve; elle sera toujours prise par moitié de chaque côté de la limite.

Les massifs ne pourront être traversés ou entamés par un ouvrage quelconque, que dans le cas où le préfet, après avoir entendu le concessionnaire intéressé, et sur le rapport des ingénieurs des mines, aura pris un arrêté pour autoriser cet ouvrage et prescrire le mode suivant lequel il devra être exécuté. Il en sera de même pour le cas où l'utilité des massifs ayant cessé, un arrêté du préfet pourra autoriser le concessionnaire à exploiter la partie qui lui appartiendra.

Art. 27. Dans le cas où il serait reconnu nécessaire à l'exploitation de la présente concession ou d'une concession limitrophe, de mettre en communication les mines des

deux concessions pour l'aérage ou pour l'écoulement des eaux, ou d'ouvrir, dans un point quelconque de la concession, des voies d'aérage, d'écoulement ou de secours destinées au service des mines de la concession voisine, le concessionnaire sera tenu de souffrir l'exécution des ouvrages qui auraient de telles destinations. Ces ouvrages seront ordonnés par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, les propriétaires des deux concessions ayant été entendus. Dans ce cas il pourra y avoir lieu à indemnité d'une mine en faveur de l'autre, et le règlement s'en fera par experts, d'une manière analogue à ce qui est ordonné par l'article 45 de la loi du 21 avril 1810, pour les travaux servant à l'évacuation des eaux d'une mine dans une autre mine.

Art. 28. En cas d'abandon total des mines ou de renonciation à la concession, le concessionnaire devra prévenir le préfet, au moins six mois à l'avance, afin qu'il soit pris les mesures nécessaires, soit pour sauver les droits des tiers par la publication qui sera faite de sa demande, soit pour la reconnaissance complète et la conservation, ou, s'il y a lieu, l'abandon définitif des travaux.

Art. 29. Si des gîtes de minerais étrangers au sel gemme, compris dans l'étendue de la concession de Vic, sont exploités légalement par les propriétaires du sol, ou deviennent l'objet d'une concession particulière accordée à des tiers, le concessionnaire des mines de sel gemme de Vic sera tenu de souffrir les travaux que l'administration reconnaîtrait utiles à l'exploitation desdits minerais, ou même, si cela est nécessaire, le passage dans ses propres travaux; le tout, s'il y a lieu, moyennant une indemnité qui sera, selon les cas, réglée de gré à gré, ou à dire d'experts, ou renvoyée au jugement du conseil de préfecture, en exécution de l'article 46 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 30. Dans tous les cas prévus par l'article 49 de la loi du 21 avril 1810 où l'exploitation serait restreinte ou suspendue, de manière à inquiéter sur la sûreté publique ou le besoin des consommateurs, le retrait de la concession et l'adjudication de la mine ne pourront, conformément à l'article 10 de la loi du 27 avril 1838, avoir lieu que suivant les formes prescrites par l'article 6 de la même loi.

Mines de sel et sources salées de Moyenvic.

Ordonnance du 12 septembre 1841, portant qu'il est fait concession au domaine de l'État, pour être attachées à perpétuité à la saline de Moyenvic, *à partir du 1er octobre 1841, de mines de sel, et sources salées situées sur une partie des territoires des communes de* Moyenvic, Marsal, Lezey, Xanrey *et* Vic, *arrondissement de* Chateau-Salins (Meurthe).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Moyenvic,* est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, sur le chemin dit de Vic à Marsal, à partir de la borne tribanale des communes de Vic, Moyenvic et Salival, située près de la route de Metz à Strasbourg (point A du plan) jusqu'au point où ledit chemin de Vic à Marsal entre sur le territoire de cette dernière commune (point B du plan), de ce point par le chemin dit de Saint-Martin jusqu'à sa rencontre avec celui dit de la Maison-Rouge (point C du plan);

De ce point, par ce chemin jusqu'à la maison d'auberge dite de l'Arbre Vert (point D du plan), où il tombe sur la route de Nancy à Dieuze ;

De ce point, par ladite route jusqu'à la limite des communes de Marsal et Harancourt (point E du plan);

A l'est, par cette limite, puis par celles des sections G (de la ville) et F (du faubourg Saint-Éloy), de la commune de Marsal, jusqu'au chemin de Marsal à *Juvelize* (point F du plan) ;

De ce point, en suivant le chemin de Marsal à la ferme de Viller jusqu'à la maison de cette ferme (point G du plan) ;

De ce point, par une ligne droite menée à la maison du moulin de la haute Récourt (point H du plan) ;

De ce point, en suivant le chemin dit des Grandes-Fauchées au moulin de Récourt, jusqu'à son intersection avec celui de Marsal à Lezey (point I du plan) ;

De ce point, par une ligne droite menée au point où le chemin de Lezey à Juvelize entre sur le territoire de cette dernière commune (point J du plan) ;

De ce point, en suivant la limite de la commune de Lezey, d'abord avec celle de Juvelize, puis avec celle de Ley, jusqu'à la route de Metz à Strasbourg (point K du plan);

De ce point, en remontant le ruisseau dit de la Petite-Ecluse jusqu'à la rencontre du chemin de Moncourt à Lezey (point L du plan);

Au sud, par ce dernier chemin, depuis le point L jusqu'au chemin de Lezey à Besange-la-Petite (point M du plan);

De ce point, en suivant ce dernier chemin jusqu'à la limite de ces deux communes (point N du plan);

De ce point, en suivant cette limite jusqu'à la borne tribanale de Lezey, Besange-la-Petite et Xanrey (point O du plan);

De ce point, par une ligne droite menée du point où le chemin de Moyenvic à Xanrey entre sur le territoire de cette dernière commune (point P du plan);

De ce point, par une ligne droite menée à la rencontre du chemin de Moyenvic à Juvrecourt et du ruisseau dit de la Fosse (point Q du plan);

De ce point, par une ligne droite menée à l'intersection de la route de Moyenvic à Lunéville avec le chemin dit du Bouge (point R du plan);

De ce point, en suivant ledit chemin du Bouge jusqu'à sa rencontre avec le territoire de Vic (point S du plan);

De ce point, en suivant la limite des communes de Moyenvic et de Vic jusqu'au point où le chemin de Vic à Juvrecourt atteint ladite limite (point T du plan);

De ce point, par une ligne droite menée à la rencontre du chemin d'Arracourt à Vic avec le ruisseau dit de Charme (point U du plan);

Au sud-ouest, en suivant ce dernier chemin jusqu'à la route de Nancy à Dieuze (point V du plan);

Au nord-ouest, par cette dernière route, à partir du point précédent V jusqu'à la limite des communes de Vic et de Moyenvic (point X du plan);

De ce point, en suivant cette limite jusqu'à la borne tribanale de Vic, Moyenvic et Salival (point A de départ);

du Sorbier), avec la section A de la même commune de Blanche-Église jusqu'au territoire de Marsal (point R du plan);

De ce point, en suivant la limite de la même section A de Blanche-Église, avec le territoire de ladite commune de Marsal jusqu'à la rencontre de la rivière de Seille (point S du plan);

De ce point, en descendant cette rivière jusqu'au point où elle quitte le territoire de Mulcey (point T du plan);

A l'ouest, par la limite des communes de Mulcey et de Saint-Médard, depuis le point T précédent jusqu'à la rencontre de la route de Moyenvic à Dieuze (point U du plan);

Au nord-ouest, par une ligne droite menée du point U au clocher de Kerprich-lès-Dieuze (point de départ);

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de dix-neuf kilomètres carrés, quatre-vingt-un hectares.

Art. 6 (ut suprà).

Cahier des charges de la concession des mines de sel et de sources salées de DIEUZE.

(Ce cahier des charges contient des dispositions semblables à celles du cahier des charges de la concession de VIC, inséré plus haut.)

Salines domaniales de l'Est.

Ordonnance du roi du 17 *septembre* 1841, *portant que jusqu'à ce que les salines domaniales de l'Est aient été vendues, l'administration des contributions indirectes fera continuer, dans lesdits établissements, l'exploitation de la mine de sel et des salines et des fabriques de produits chimiques pour le compte de l'État.*

Vu la loi du 17 juin 1840, sur le sel;

Vu le traité y annexé, passé entre le ministre des finances et le comité d'administration de la régie intéressée des salines et mines de l'Est, et portant résiliation, à partir du 1er octobre, du bail consenti à ladite compagnie;

Vu aussi les stipulations contenues dans ledit traité, lesquelles ont modifié l'exécution du bail à partir du 1er janvier dernier, et prescrit que jusqu'au 1er octobre 1841, la fabrication serait continuée par la compagnie pour le compte de l'état, sans qu'elle pût être tenue d'y pourvoir après cette dernière époque;

Considérant que les salines domaniales délaissées par la régie intéressée ne pourront être mises en vente que dans les premiers mois de l'année 1842, et qu'il est nécessaire de pourvoir à leur régie directe au nom de l'état depuis le 1er octobre prochain jusqu'au jour de la vente;

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département des finances,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. A partir du 1er octobre 1841, et jusqu'à ce que les salines de l'Est aient été vendues, la régie des contributions indirectes fera continuer dans lesdits établissements l'exploitation de la mine de sel et des salines et des fabriques de produits chimiques pour le compte de l'état, ainsi que l'a fait la compagnie des salines depuis le 1er janvier 1841, en vertu du traité de résiliation annexé à la loi du 17 juin 1840.

Art. 2. Les recettes et dépenses provenant de cette gestion temporaire, seront opérées dans chaque établissement par un comptable justiciable direct de notre cour des comptes. Elles seront soumises à toutes les formes et justifications prescrites par les lois et règlements sur le recouvrement et l'emploi des deniers publics, sauf les modifications que notre ministre des finances pourra autoriser dans l'intérêt du trésor ou du commerce pour les opérations d'une nature exceptionnelle.

Art. 3. La régie des contributions indirectes est autorisée à donner aux entreposeurs de sels, aux acquéreurs de produits chimiques, et à tous les acheteurs ou fournisseurs qui auront des rapports avec l'exploitation des salines, les mêmes facilités commerciales que leur accordait la régie intéressée des salines de l'Est.

Art. 4. Notre ministre secrétaire d'état des finances est chargé de l'exécution de la présente ordonnance qui sera insérée au Bulletin des lois.

Mines de houille de Blanzy.

Ordonnance du 12 octobre 1841, portant qu'il est fait réunion à la concession des mines de houille de Blanzy (Saône-et-Loire), *d'une bande de terrain houiller, d'une étendue de 1 kilomètre, 80 hectares, qui s'appuie sur les limites actuelles au sud-est.*

(Extrait.)

Art. 2. Par suite de cette addition, la concession est limitée au sud-est, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit :

Par une ligne tirée de l'angle ouest de la maison de François Germain, aux Badeaux, à l'angle est de la maison du sieur Saclier, à la Saule ; de ce dernier point, par une autre droite allant à l'angle est du mur de clôture du jardin du sieur Beaubernard, aux Oiseaux ; de ce point, par une troisième droite aboutissant à l'angle est de la maison du sieur Bard, située au hameau des Mireaux. Des Mireaux, en traversant le canal, à l'angle ouest en aval de la septième écluse ; de la septième écluse en suivant le canal, à l'angle ouest en aval de la sixième écluse.

Art. 4. Dans le cas où les travaux projetés par les concessionnaires devraient s'étendre à une distance du plan vertical passant par les bords du canal du Centre, moindre que cinquante mètres, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation du préfet, donnée sur le rapport des ingénieurs des mines, après que les propriétaires et les ingénieurs des ponts-et-chaussées auront été entendus, et après que les concessionnaires auront donné caution de payer l'indemnité exigée par l'art. 15 de la loi du 21 avril 1810 ; les contestations relatives, soit à la caution, soit à l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

L'arrêté du préfet qui autorisera, s'il y a lieu, les travaux, pourra ordonner aux concessionnaires les mesures reconnues nécessaires pour prévenir les infiltrations, et de murailler solidement, ou de remblayer complétement les excavations, si la nature du sol ou le peu de profondeur de ces excavations donne lieu de craindre des affaissements.

L'autorisation pourra même être refusée, s'il est re-

connu que malgré de semblables précautions, les travaux soient de nature à occasionner l'inondation de la mine.

Ordonnance de 12 *octobre* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Jean COLOMBAN, Joseph-Vincent FINE *et* Laurent SILMAIN, *de mines d'anthracite situées dans la commune de* VILLARD-ST-PANCRACE, *arrondissement de* BRIANÇON (Hautes-Alpes). Mines d'anthracite de St-Jean.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Saint-Jean*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite menée de l'angle nord de la chapelle de Saint-Jean au point de rencontre du canal d'arrosage, dit canal neuf, avec le torrent dit du *Gros-Rif*;

A l'est, par une ligne droite tirée du point de rencontre du canal neuf avec le torrent du Gros-Rif, au rocher appelé *Crête-du-Collet*;

Au sud, par une ligne droite allant du rocher dit Crête-du-Collet au rocher dit *Giclier*;

A l'ouest, par une ligne droite joignant le rocher dit Giclier à l'angle nord de la chapelle de Saint-Jean, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de cinquante hectares, quarante-huit ares.

Ordonnance du 12 *octobre* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Auguste PILLION *et* Aimé-Hector-Joseph DESTOMBES, *de mines de fer situées dans l'arrondissement d'*AVESNES (Nord). Mines de fer des Pisons.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *con-*

cession des Pizons, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite partant de la borne n° 6, point de jonction des trois communes de Féron, Wignehies et Fourmies, et se dirigeant sur le calvaire placé au point d'intersection des chemins de Féron à Wignehies, et d'Avesnes à Wignehies ;

A l'est, par la limite des communes de Féron et de Fourmies, depuis la borne n° 6 jusqu'à la borne n° 3 placée sur la limite sud de la concession de Féron, appartenant à madame veuve Hufty ;

Au sud, par une ligne droite partant de la borne n° 3 et dirigée sur l'intersection des axes des rues la Hunt et Gogant, cette ligne étant arrêtée à celle qui limite la concession à l'ouest ;

A l'ouest, par une ligne partant du calvaire placé au point de rencontre des chemins de Féron à Wignehies, et d'Avesnes à Wignehies, et dirigée sur la borne W F, posée sur la limite des territoires de Wignehies et de Fourmies ; cette dernière ligne étant arrêtée à celle qui limite la concession au sud ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle d'un kilomètre carré, vingt-trois hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de fer DES PIZONS.

(Extrait.)

Art. 12. En exécution de l'article 70 de la *loi* du 21 avril 1810, les concessionnaires fourniront aux usines qui s'approvisionnaient de minerai de fer antérieurement à l'octroi de la présente concession, sur des exploitations comprises dans ladite concession, la quantité de minerai nécessaire à l'alimentation de ces usines, au prix qui sera fixé par l'administration.

Art. 13. Lorsque les approvisionnements des usines ci-dessus désignées auront été assurés, les concessionnaires seront tenus de fournir, autant que leurs exploitations le permettront, à la consommation des usines établies ou à établir dans le voisinage avec autorisation légale ; le prix des minerais sera alors fixé de gré à gré ou à dire

d'experts, ainsi qu'il est indiqué en l'article 65 de la loi du 21 avril 1810, pour les exploitations des minières de fer.

Art. 14. En cas de contestation entre plusieurs maîtres de forges relativement à leur approvisionnement en minerais, il sera statué par le préfet, conformément à l'article 64 de la même loi.

Art. 26. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de leurs mines, qu'après avoir obtenu une permission à cet effet, dans les formes déterminées par les articles 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Ordonnance du 12 *octobre* 1841, *portant que le sieur* Bigaud-Bellevue *est autorisé à ajouter, en remplacement d'un feu de forge, un second haut-fourneau à son usine à fer située sur une dérivation de la rivière d'*Aire, *dans la commune de* Montblainville, *arrondissement de* Verdun (Meuse). Usine à fer de Montblainville.

En conséquence, ladite usine est et demeure composée :

De deux hauts-fourneaux;

De deux feux d'affinerie au charbon de bois, avec les ordons et marteaux accessoires;

D'un bocard à crasses;

De deux lavoirs à minerai de fer;

Et d'un moulin à farine.

Ordonnance du 12 *octobre* 1841, *portant que les sieurs* Mercier et compagnie *sont autorisés à ajouter un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer, à leur usine de* Bacalan, *située à* Bordeaux (Gironde). Usine à fer de Bacalan.

Ordonnance du 12 *octobre* 1841, *portant que le sieur* Bigaud-Bellevue *est autorisé à maintenir* Lavoirs à bras, à Cornay.

*en activité quatre lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer, sur le ruisseau d'*Harçon *, dont deux sont situés au lieu dit* Bas-d'Harçon*, et les deux autres au lieu dit* Mont-en-Royes*, commune de* Cornay (Ardennes).

(Extrait.)

Art. 19. La présente permission n'est valable que pour la durée des conventions existant entre le permissionnaire ou ses ayants droit, et les propriétaires du sol.

Il n'est rien préjugé sur la manière dont, à l'expiration desdites conventions, cette permission pourra, s'il y a lieu, être renouvelée ou être accordée à d'autres personnes

---

Lavoirs à bras, à Landres-Saint-Georges.

Ordonnance du 12 octobre 1841, portant que les sieurs Dollin-Dufresnel, Loustan et compagnie, *maîtres de forges à* Maucourt (Meuse), de Lagressière et compagnie, *maîtres de forges à* Stenay (Meuse), Camion-Crucy, *maîtres de forges aux* Forgettes (Ardennes), *et* Bigaud-Bellevue, *maître de forges à* Montblainville (Meuse), *sont autorisés à établir dix-sept lavoirs à bras pour la préparation du minerai de fer, sur le ruisseau de* St-Georges *ou d'*Ayron, *commune de* Landres-Saint-Georges, *arrondissement de* Vouziers (Ardennes).

(Extrait.)

Art. 14. L'opération du lavage cessera tous les ans au 1er novembre; elle ne sera reprise qu'au 1er avril.

Usine à fer de Brevilly.

Ordonnance au 12 octobre 1841, portant que les sieurs Poupillier fils et compagnie *sont autorisés*

à établir dans leur usine de Brévilly, *arrondissement de* Sédan (Ardennes) :

Trois feux d'affinerie au chardon de bois;

Un four à souder le fer;

Huit fours dormants de laminoirs et de fenderie, à la houille;

Et les machines de compression nécessaires à l'activité de l'usine.

(Extrait.)

Art. 7. Les permissionnaires seront tenus d'avoir un compte ouvert au bureau de la douane de Donzy, et de se soumettre au libre exercice des employés des douanes dans leur établissement, sans que ceux-ci soient tenus de se faire assister d'un officier municipal.

Ordonnance du 9 *novembre* 1841, *portant abrogation de l'article* 13 *de l'ordonnance du* 19 *juin* 1837 *et de l'article* 20 *de l'ordonnance du même jour, relatives aux usines à fer de* Paroy *et d'*Echenay (Haute-Marne). **Usines à fer de Paroy et d'Echenay.**

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics;

Vu nos ordonnances en date du 19 juin 1837, qui, sur la demande du baron de Cholet, consacrent l'existence d'usines à fer et autres établissements qu'il possède sur la rivière de Saulx et sur le cours d'eau de la fontaine Daurupt dans les communes de Paroy et d'Echenay (Haute-Marne);

Le mémoire par lequel ce propriétaire réclame contre l'insertion dans ces ordonnances, de la clause dont la teneur suit :

« Le permissionnaire ou ses ayants cause ne pourront » prétendre indemnité ni dédommagement si, à quelque » époque que ce soit, l'administration, dans l'intérêt de la

» navigation, du commerce et de l'industrie, juge conve-
» nable de faire des dispositions qui les privent en tout
» ou en partie des avantages résultant de la présente au-
» torisation, et, dans ce cas, ils seront tenus de détruire,
» à la première réquisition, les ouvrages exécutés en vertu
» de ladite autorisation. »

L'avis émis sur cette réclamation par le conseil général des ponts-et-chaussées, le 2 juillet 1839;

Vu un acte de partage de pré-succession des biens du sieur Lavallée-Pimodan, entre ledit Lavallée-Pimodan et la république, fait le 1er brumaire an 7, en vertu de la loi du 9 floréal an 3;

Considérant que les usines de Paroy et d'Échenay ont une existence fort ancienne, que les deux cours d'eau sur lesquels elles sont établies ne sont ni navigables ni flottables, qu'ils ne sont d'ailleurs ni des bras ni des dérivations des rivières navigables ou flottables, qu'ainsi il n'y avait pas lieu d'insérer la clause précitée dans lesdites ordonnances;

Notre conseil d'état entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. L'article 13 de l'ordonnance du 19 février 1837, relative aux usines à fer et au bocard de Paroy, et l'article 20 de celle du même jour, relative aux usines à fer, aux bocards et lavoirs d'Échenay, établis sur la rivière de Saulx et le cours d'eau de la fontaine Daurupt, dans le département de la Haute-Marne, seront retranchés desdites ordonnances, et considérés comme non avenus.

Art. 2. Toutes les autres dispositions de ces ordonnances sont maintenues et continueront à recevoir leur exécution.

Art. 3. Notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée par extrait au Bulletin des lois.

Mines de lignite de Laudun.

Ordonnance du 12 *novembre* 1841, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Jean-Baptiste Favre *et*

Jean Prévot, *de mines de lignite situées dans l'arrondissement d'*Uzès (Gard).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Laudun*, est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit :

Au nord-est, par la route d'Avignon à Bagnols, à partir de la Begude d'Orsan, point M du plan, jusqu'au pont de Mercadier, situé sur le ruisseau de Tave, point N du plan ;

Au sud-est, par le ruisseau de Tave, à partir dudit point N jusqu'au point O, où il est coupé par le prolongement d'une ligne droite passant par l'embranchement du chemin de Malbas à Laudun, et du chemin qui se dirige au sud-ouest vers le château ruiné de Bord, et par l'embranchement des chemins de Laudun à Boulas et à Condolet ;

Au sud-ouest, par cette dernière ligne droite à partir dudit point O jusqu'au point P, où elle coupe une ligne droite allant du point d'intersection du chemin des Embruns et du ruisseau de Larriole à la chapelle Saint-Jean, point Q du plan ;

Au nord, enfin, par la portion de cette dernière ligne droite comprise entre lesdits points P et Q et par une ligne droite menée de la Chapelle-Saint-Jean au point R, clocher d'Orsan, et par une autre ligne droite dirigée de ce clocher sur la Bégude d'Orsan, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de six kilomètres carrés, vingt-sept hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de lignite de Laudun.

(Extrait.)

Art. 2. L'exploitation de la mine de houille lignite de Laudun sera entreprise à l'aide de deux puits verticaux mis en communication par une galerie, laquelle devra être entretenue en bon état de service. L'un de ces puits sera garni d'échelles et servira tant à l'aérage qu'au pas-

sage des ouvriers. L'autre sera destiné à l'extraction du combustible. Ils seront l'un et l'autre muraillés ou boisés partout où le terrain l'exigera. L'emplacement et les dimensions de chacun d'eux seront déterminés par le préfet sur la proposition des concessionnaires et l'avis de l'ingénieur des mines du département.

Usine à fer de la Forgette.

Ordonnance du 12 novembre 1841, portant que le sieur Arthur de Buyer *est autorisé à construire, dans son usine à fer de* la Forgette, *commune de* Ruaux (Vosges), *deux feux d'affinerie surmontés de fours à réverbère dans lesquels on utilisera les chaleurs perdues.*

Au moyen de cette addition, la consistance de ladite usine est et demeure fixée ainsi qu'il suit :

1° Trois feux d'affinerie pour la fabrication du fer;

2° Une tréfilerie avec ses accessoires, tels que cylindres, étireurs, etc.

Usine à fer de Margut.

Ordonnance du 12 novembre 1841, qui apporte diverses modifications au régime des eaux de l'usine à fer de Margut (Ardennes), *autorisée par l'ordonnance du 18 février 1824.*

Haut-fourneau et fourneau à la Wilkinson, à Chevillon.

Ordonnance du 24 novembre 1841, portant que les sieurs Evre-Plique *et* Frerson-Plique, *sont autorisés à établir un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer et un fourneau à la Wilkinson, aux lieu et place du moulin et de l'huilerie qu'ils possèdent sur le ruisseau de* Chevillon, *commune de ce nom, arrondissement de* Vassy (Haute-Marne).

Ordonnance du 24 novembre 1841, portant que le sieur VIVENOT-LAMY *est autorisé à établir un bocard à mines et cinq lavoirs sur la tête d'eau du moulin de* CHEVIÈRES, *commune de* MARCQ-CHEVIÈRES (Ardennes). **Bocard et lavoirs, à Marcq-Chevières.**

Ordonnance du 24 novembre 1841, portant que le sieur VIVENOT-LAMY *est autorisé à établir un lavoir à bras sur un terrain qu'il tient à bail du sieur* GUYOT, *dans la commune de* SOMMERANCE (Ardennes), *au lieu dit* LA BOUQUETTE. **Lavoir à bras, à Sommerance.**

(Extrait.)

Art. 5. Le lavoir de la Bouquette ne sera point pourvu de bassins d'épuration.

Art. 6. Le sieur Vivenot devra participer au curage des ruisseaux, étangs de retenue et bassins d'épuration de tous les ateliers de lavage qui, dans le ravin de Sommerance, seront situés en aval de son lavoir jusqu'à la rivière d'Aire. La proportion pour laquelle le sieur Vivenot-Lamy entrera dans les dépenses de ce curage sera déterminée soit par un arrangement amiable pris avec ceux qui exploitent des lavoirs dans le même ravin, soit à dire d'experts.

Art. 13. La présente permission n'est accordée que pour tout le temps de la durée du bail consenti par le propriétaire du sol.

Dès que ce bail aura pris fin, le bénéfice de la présente permission passera au propriétaire du sol, s'il veut en profiter, à la charge de se conformer à toutes les dispositions de ladite permission, et d'indemniser, s'il y a lieu, et à dire d'experts, le sieur Vivenot-Lamy, pour la valeur des constructions et des travaux de toute espèce.

Ordonnance du 1er décembre 1841, portant que le domaine de l'État est autorisé à maintenir en **Saline de Dieuze.**

activité la saline de Dieuze (Meurthe), *pour l'élaboration du sel gemme et le traitement des eaux salées.*

(Extrait.)

Art. 2. Ladite saline, dans son état actuel, peut fabriquer annuellement environ 30 millions de kilogrammes de sel raffiné, et 1,500,000 kilogrammes de sel gemme égrugé, propre à la consommation.

Elle renferme un moulin à égruger et un lessivoir pour l'évaporation du sel gemme, et vingt-quatre poêles pour le traitement des eaux salées.

Art. 3. Le permissionnaire est autorisé à continuer, dans l'usine dont il s'agit, la fabrication du sulfate de soude, de la soude, de l'acide hydrochlorique et du chlorure de chaux, de l'acide nitrique, de l'acide sulfurique et du protochlorure d'étain, sous la condition de se conformer aux prescriptions des règlements relatifs aux établissements insalubres et incommodes, ainsi qu'à celles des ordonnances royales des 24 octobre 1827 et 28 mars 1832, et à celles de l'arrêté préfectoral du 30 septembre 1825 concernant ces ateliers.

Art. 5. Dans le cas où le permissionnaire modifierait les dispositions intérieures de son usine, il sera tenu de lui conserver une consistance suffisante pour une fabrication annuelle de 500,000 kilogrammes de sel, au moins, destinés à être livrés à la consommation intérieure et assujettis à l'impôt, à défaut de quoi il lui sera fait l'application des dispositions de l'art. 8 de la loi du *17 juin* 1840.

Art. 6. Le permissionnaire tiendra son usine en activité constante, et ne pourra la laisser chômer sans cause reconnue légitime par l'administration.

Dans le cas où il voudrait cesser de fabriquer, il sera tenu d'en faire la déclaration au moins un mois à l'avance, conformément à l'art. 6 de la loi déjà citée, du 17 juin 1840.

La fabrication ne pourra être reprise qu'après un nouvel accomplissement des obligations mentionnées en l'art. 5 de ladite loi.

Art. 8. Il se conformera aux lois, décrets, ordonnances et règlements existants ou à intervenir sur le fait des

usines, ainsi qu'aux instructions qui lui seront données par l'administration, en ce qui concerne la police des usines et la sûreté des ouvriers. Il se conformera également, pour la fabrication du sel, à la loi du 17 juin 1840, ainsi qu'aux règlements d'administration publique existants ou à intervenir pour l'exécution de cette loi.

Art. 9. En cas d'inexécution des conditions ci-dessus prescrites, la présente ordonnance pourra être révoquée. Sa révocation sera prononcée par arrêté de notre ministre des travaux publics, et ledit arrêté sera exécutoire par provision, nonobstant tout recours de droit.

Ordonnance du 1er décembre 1841, *portant que le domaine de l'État est autorisé à maintenir en activité la saline de* VIC (Meurthe), *pour l'élaboration du sel gemme et le traitement des eaux salées.* Saline de Vic.

(Extrait.)

Art. 2. Ladite saline sera pourvue des appareils d'égrugeage et autres, nécessaires pour une fabrication annuelle d'au moins 500,000 kilogrammes de sel, destinés à être livrés à la consommation intérieure et assujettis à l'impôt.

Art. 5. (ut suprà.)

Art. 6. (ut suprà.)

Art. 8. (ut suprà.)

Art. 9. (ut suprà.)

Ordonnance du 1er décembre 1841, *portant que le domaine de l'État est autorisé à remettre en activité la saline de* MOYENVIC (Meurthe), *pour l'élaboration du sel gemme et le traitement des eaux salées.* Saline de Moyenvic.

(Extrait.)

Art. 2. Ladite saline sera pourvue des appareils d'égrugeage et autres, nécessaires pour une fabrication an-

nuelle d'au moins 500,000 kilogrammes de sel, destinés à être livrés à la consommation intérieure et assujettis à l'impôt.

Un plan indiquant la consistance de l'usine sera dressé en quadruple expédition à l'échelle de 2 millimètres pour mètre, dans le délai de six mois, à partir de la notification de la présente ordonnance. Ce plan sera vérifié et certifié par les ingénieurs des mines et visé par le préfet. Il en sera annexé une expédition à la présente.

Art. 5. Dans le cas où le permissionnaire modifierait les dispositions intérieures de son usine, il sera tenu de lui conserver une consistance suffisante pour une fabrication annuelle de 500,000 kilogrammes de sel, au moins, ainsi qu'il est indiqué à l'art. 2, à défaut de quoi il lui sera fait application des dispositions de l'art. 8 de la loi du 17 juin 1840.

Art. 6. Le permissionnaire devra faire, avant toute fabrication, conformément à l'art. 8 de la loi précitée du 17 juin 1840, la déclaration prescrite par l'art. 51 de la loi du 24 avril 1806. S'il ne remplissait pas cette formalité, il lui serait fait application des dispositions de l'art. 7 de ladite loi du 17 juin 1840.

Il tiendra son usine en activité constante, et ne pourra la laisser chômer sans cause reconnue légitime par l'administration.

Dans le cas où il voudrait cesser de fabriquer, il sera tenu d'en faire la déclaration, au moins un mois d'avance, conformément à l'art. 6 de la loi du 17 juin 1840.

La fabrication ne pourra être reprise qu'après un nouvel accomplissement des obligations mentionnées en l'art. 5 de ladite loi.

Art. 8. Il se conformera aux lois, décrets, ordonnances et règlements existants ou à intervenir sur le fait des usines ainsi qu'aux instructions qui lui seront données par l'administration, en ce qui concerne la police des usines et la sûreté des ouvriers. Il se conformera également, pour la fabrication du sel, à la loi du 17 juin 1840, ainsi qu'aux règlements d'administration publique existants ou à intervenir pour l'exécution de cette loi.

Art. 9. En cas d'inexécution des conditions ci-dessus prescrites, la présente ordonnance pourra être révoquée;

cette révocation sera prononcée par un arrêté de notre ministre des travaux publics, et ledit arrêté sera exécutoire par provision, nonobstant tout recours de droit.

Ordonnance du 1er décembre 1841, portant que le sieur Danelle *est autorisé à maintenir et tenir en activité l'usine à fer du* Buisson, *située sur la* Blaise, *dans la commune de* Louvemont (Haute-Marne), *et composée d'un haut-fourneau, d'un bocard avec patouillet, d'un bocard à crasses et de trois chaufferies à la houille.* Usine à fer du Buisson.

Ordonnance du 26 décembre 1841, portant qu'il est fait concession au sieur Antoine Mabru, *de mines de bitume situées communes de* Niederbetschdorf, Oberbetschdorf, Schwabwiller *et* Haguenau (Bas-Rhin). Mines de bitume de Schwabwiller.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Schwabwiller*, est limitée conformement au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par deux lignes droites dirigées, l'une du clocher de Niederbetschdorf au clocher d'Oberbetschdorf, l'autre de ce dernier clocher à Schwabwiller ;

A l'ouest, par une ligne droite partant du clocher de ce village, passant par le moulin de Schwabwiller et aboutissant à la rivière de Bieberbach, désignée aussi sous le nom de Halbmühlbach ;

Au sud, à partir de ce point d'intersection par le cours de la Bieberbach jusqu'au confluent de cette rivière et de celle de la Sauerbach ;

A l'est, par une ligne droite tirée du confluent de ces deux rivières jusqu'au clocher de Niederbetschdorf, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 11 kilomètres carrés, 30 hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de bitume de SCHWABWILLER.

(Extrait.)

Art. 7. Dans le cas où les travaux projetés par le concessionnaire devraient s'étendre sous des habitations ou des édifices, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation spéciale du préfet, délivrée sur le rapport de l'ingénieur des mines, après que le maire, le conseil municipal et les propriétaires intéressés auront été entendus, et après que le concessionnaire aura donné caution de payer l'indemnité exigée par l'art. 15 de la loi du 21 avril 1810. Les contestations relatives, soit à la caution, soit à l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

L'autorisation d'exécuter les travaux pourra être refusée par le préfet, s'il est reconnu que l'exploitation soit de nature à compromettre la sûreté du sol, celle des habitations ou la conservation des édifices.

Art. 8. Le concessionnaire ne pourra pratiquer aucune ouverture de travaux dans les forêts communales et domaniales situées dans les limites de la concession, avant qu'il ait été dressé contradictoirement procès-verbal de l'état des lieux, afin que l'on puisse constater, au bout d'un an, et successivement chaque année, les indemnités qui seront dues.

Les déblais extraits de ces travaux seront déposés aussi près qu'il sera possible de l'entrée des mines, dans les endroits les moins dommageables, lesquels seront désignés par le préfet, sur la proposition des agents forestiers locaux, le concessionnaire et l'ingenieur des mines ayant été entendus.

Art. 9. Le concessionnaire sera civilement responsable des délits commis dans la forêt par ses ouvriers et bestiaux. Cette responsabilité s'étendra à la distance des exploitations fixée par l'art. 31 du Code forestier.

Art. 10. Lorsque le concessionnaire abandonnera une ouverture de mine, il pourra être tenu de la faire combler

en nivelant le terrain, et de faire repeupler ce terrain en essence de bois convenable au sol. Cette disposition sera ordonnée, s'il y a lieu, par un arrêté du préfet, sur le rapport des agents de l'administration forestière et des ingénieurs des mines, le concessionnaire ayant été entendu, sauf recours devant le ministre des travaux publics.

Ordonnance du 26 décembre 1841, portant modification des limites de la concession houillère de St-Pierre-Lacour (Mayenne). Mines de houille de Saint-Pierre-Lacour.

(Extrait.)

Art. 1er. La concession des mines de houille de Saint-Pierre-Lacour, arrondissement de Laval (Mayenne), instituée par notre ordonnance du 11 octobre 1840, sera et demeurera délimitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par deux lignes droites menées, la première, à partir de l'intersection du ruisseau du Grand-Lattay, avec le côté est du chemin de Bourgon à la Gravelle, à l'angle ouest du bâtiment le plus considérable situé à l'ouest du Grand-Lattay; la seconde, du Grand-Lattay à l'angle ouest du bâtiment le plus occidental de la Juardière;

A l'est, par trois lignes droites menées, la première, de la Juardière au clocher de Saint-Pierre-Lacour, la seconde de Saint-Pierre-Lacour à l'angle ouest du bâtiment le plus occidental de la Germandières, et la troisième, de la Germandières à l'angle ouest du bâtiment de Baralliès;

Au sud, par une ligne droite menée des Baralliès à l'angle nord du bâtiment le plus septentrional des Ruelles;

A l'ouest, par trois lignes droites menées, la première, des Ruelles à la bonde fondérale de l'étang du Moulin-Neuf, la seconde de la bonde de l'étang du Moulin-Neuf aux Petits-Feux-Vilaines, et la troisième des Petits-Feux-Vilaines à l'intersection du ruisseau du Grand-Lattay avec le chemin de Bourgon à la Gravelle, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 9 kilomètres carrés, 6 hectares.

Usine à fer, à Belvès.

Ordonnance du 20 décembre 1841, portant que le sieur Dejean *est autorisé à convertir la papeterie de la* Pique, *qu'il possède sur le cours d'eau de la* Nauze, *commune de* Belvès, *arrondissement de* Sarlat (Dordogne), *en une usine à fer, dont la consistance demeure fixée à deux foyers catalans et deux marteaux.*

PERSONNEL.

ORDONNANCE DU ROI.

Louis-Philippe, roi des Français,

A tous présents et à venir, salut.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics,

Vu le décret du 18 novembre 1810, portant organisation du corps royal des ingénieurs des mines, et spécialement l'article 71 ainsi conçu :

« Les ingénieurs qui ne se rendront pas à leur poste aux époques assignées, seront privés de leurs appointements pendant tout le temps de leur absence.

» Si le retard excède un mois, il y aura lieu à une suspension de traitement pendant quatre mois.

» Si le retard excède trois mois, il y aura lieu à destitution. »

Vu la lettre écrite le 25 février à M. Payen, ingénieur ordinaire de première classe au corps royal des mines, par M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics, pour lui prescrire de reprendre le service du sous-arrondissement de Dijon, jusqu'à ce qu'il ait été possible de lui donner un successeur ;

Vu la lettre en date du 29 avril 1840, par laquelle le préfet de la Côte-d'Or informe notre ministre des travaux publics que M. Payen a quitté Dijon le 30 ou le 31 mars, et que depuis lors il n'a plus entendu parler de lui ;

Vu la lettre en date du 15 mai 1840, par laquelle le sous-secrétaire d'état des travaux publics invite le préfet de la Côte-d'Or à enjoindre à M. Payen de revenir à son poste sous un délai de quinze jours ;

Considérant que non-seulement M. Payen n'a point obtempéré à l'ordre ci-dessus, mais que plus de quinze mois se sont écoulés depuis cette époque, sans qu'il ait fait aucun acte de soumission vis-à-vis de l'administration supérieure ;

Considérant qu'il y a lieu dès lors de faire à cet ingénieur l'application de l'article 71 ci-dessus rappelé du décret du 18 novembre 1810 ;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Le sieur Payen, ingénieur ordinaire de première classe au corps royal des mines, cesse de faire partie des ingénieurs de ce corps.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Fait au palais de Saint-Cloud, le 8 octobre 1841.

Signé LOUIS-PHILIPPE.

Par le roi :

Le ministre secrétaire d'état des travaux publics,

Signé J.-B. TESTE.

Par arrêté de M. le ministre des travaux publics, du 10 mai 1841 (1), — M. Allou, ingénieur en chef des mines, est placé dans la réserve; — M. de Fourcy, ingénieur des mines, est désigné pour remplacer M. Allou dans le service des carrières de Paris et du département de la Seine; — M. Couche, élève-ingénieur des mines, est chargé du service des départements de Seine-et-Oise et du Loiret, que quitte M. de Fourcy; sa résidence est fixée à Versailles; — le service du sous-arrondissement du Mans, dont M. Couche était chargé, est confié à M. Sentis, aspirant-ingénieur des mines, actuellement chargé du service du sous-arrondissement de Nantes.

Par arrêté du ministre, du 14 juillet 1841, — M. Piot, élève-ingénieur des mines hors de concours, est chargé du service du sous-arrondissement de Nantes.

Par arrêté du ministre, du 14 septembre 1841, — il est formé, de l'arrondissement minéralogique de Toulouse, deux arrondissements distincts : l'un, dont le chef-lieu reste fixé à Toulouse, comprend les départements de la Haute-Garonne, du Tarn, de Tarn-et-Garonne et de l'Ariége; l'autre, dont le chef-lieu est fixé à Bordeaux, comprend les départements de la Gironde, du Gers, des Landes, des Hautes-Pyrénées et des Basses-Pyrénées; — M. Vène, ingénieur ordinaire des mines, est désigné pour remplir les fonctions d'ingénieur en chef dans l'arrondissement de Toulouse; — les fonctions d'ingénieur en chef dans l'arrondissement de Bordeaux sont confiées à M. de Saint-Léger, ingénieur ordinaire actuellement chargé du service du sous-arrondissement de Rouen.

Par arrêté du ministre, du 7 octobre 1841, — la décision qui appelait M. de Saint-Léger à remplir les fonctions d'ingénieur en chef dans l'arrondissement de Bordeaux, est rapportée; il est maintenu dans le service du sous-arrondissement de Rouen; — M. Varin, ingénieur ordinaire, actuellement chargé du service du sous-arrondissement d'Alais, est désigné pour remplir les fonctions d'ingénieur en chef dans l'arrondissement de Bordeaux.

---

(1) On a omis d'insérer cet arrêté parmi les décisions du premier semestre 1841, publiées dans le tome XIX de la 3e série, p. 797 et suivantes.

Par arrêté du ministre, du 25 *novembre* 1841, — il est formé du sous-arrondissement de Nantes, deux sous-arrondissements distincts, l'un comprenant les départements de la Loire-Inférieure et du Morbihan, le second composé des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-du-Nord et du Finistère; — M. Lorieux, ingénieur en chef de l'arrondissement de Nantes, est chargé provisoirement de faire le service du premier de ces sous-arrondissements; — le service du second est confié à M. Durocher, aspirant-ingénieur; la résidence de M. Durocher est fixée à Rennes; — M. Piot, élève ingénieur hors de concours, actuellement chargé du sous-arrondissement de Nantes, est appelé au service du sous-arrondissement de Vicdessos, que quitte M. Durocher.

Par arrêté du ministre, du 22 *décembre* 1841, — il est formé de l'arrondissement minéralogique de Paris, deux arrondissements d'ingénieur en chef, l'un comprenant le département de la Seine, l'autre composé des départements de Seine-et-Oise, de Seine-et-Marne et du Loiret; — le service ordinaire du département de la Seine comprend la surveillance des carrières, et continue d'être divisé en deux sous-arrondissements; mais il est séparé dn service des machines et appareils à vapeur qui forme un service spécial et distinct; — M. Juncker, ingénieur en chef des mines, est nommé ingénieur en chef de l'arrondissement de Paris, en remplacement de M. Trémery, ingénieur en chef directeur; — M. Poirier-Saint-Brice, ingénieur en chef, cesse d'être attaché au service des carrières du département de la Seine; il est appelé à remplir les fonctions d'ingénieur en chef dans les départements de Seine-et-Oise, de Seine-et-Marne et du Loiret; — M. Lechâtellier, ingénieur ordinaire, est chargé du sous-arrondissement qui était confié à M. Poirier-Saint-Brice, dans le service des carrières du département de la Seine; — M. Cacarrié, élève-ingénieur hors de concours, est désigné pour remplacer M. Lechâtellier dans le service du sous-arrondissement d'Angers.

Par arrêté du ministre, du 22 *décembre* 1841, — M. Combes, ingénieur en chef des mines, professeur d'exploitation à l'école des mines, est chargé du service spécial des machines à vapeur dans le département de la Seine; il est appelé à remplir en même temps les fonctions de secrétaire de la commission des machines à vapeur.

Par arrêté du ministre, du 22 *décembre* 1841, — M. Trémery, ingénieur en chef directeur, est admis à la retraite.

Par décision de M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics, du 16 *juillet* 1841, — M. de Boureuille, ingénieur des mines, secrétaire adjoint de la commission des Annales des Mines, est appelé à remplir les fonctions de secrétaire en remplacement de M. Leplay; — M. Ebelmen est nommé secrétaire adjoint.

Par décision du sous-secrétaire d'état, du 12 *novembre* 1841, — M. Sauvage est appelé à reprendre le service du sous arrondissement de Mézières; — M. Meugy, élève-ingénieur, qui le remplaçait provisoirement dans ce service, est rappelé à Paris.

Elèves admis à l'École royale des Mines, le 4 *novembre* 1841 :

MM. Bossey.
Dubocq.
Jacquot.
Bertrand.

CIRCULAIRES

Adressées à MM. les Préfets et à MM. les Ingénieurs des mines (1).

Paris, le 24 juillet 1841.

Monsieur le préfet, des accidents survenus sur des bateaux à vapeur ont fait connaître de plus en plus combien il est essentiel de s'assurer, avant de délivrer des permis de navigation, que les chaudières employées ont été soumises aux épreuves et qu'elles ne présentent aucune cause particulière de danger.

Les règlements n'ont pu s'occuper que des conditions générales de sûreté qui doivent être prescrites. Il appartient aux commissions de surveillance instituées en vertu de l'ordonnance royale du 2 avril 1823 d'examiner, dans chaque cas particulier, si le mécanisme dont on se propose de faire usage n'offre, dans sa construction, dans la disposition de ses parties, rien qui soit de nature à inspirer des inquiétudes sérieuses.

L'ordonnance du 25 mai 1828 a interdit d'employer sur les bateaux des chaudières, tubes bouilleurs, qui n'auraient point été éprouvés par la pompe de pression. Il n'y a d'exception que pour les chaudières destinées à fonctionner sous une pression très-basse qui ne doit point dépasser *une* atmosphère et demie. L'épreuve est nécessaire pour constater si l'appareil sera en état de résister à la tension de la vapeur : elle doit précéder tout essai de bateau.

Les chaudières à faces planes et à larges tubes intérieurs, dont on se sert communément dans les machines adoptées pour la navigation, ne peuvent résister à une forte pression interne qu'au moyen d'armatures convenablement disposées : on ne saurait mettre trop d'attention à les éprouver. Il faut, avant d'en autoriser l'emploi, avoir acquis la

(1) C'est par erreur que la circulaire insérée au tome XIX, page 820, porte la date du 15 *mai* 1841, il faut lire 30 *mars*.

certitude qu'elles n'ont subi, pendant l'épreuve, aucune altération qui puisse compromettre leur solidité, et qu'elles n'ont accusé, par aucun signe apparent, un défaut de résistance.

Des dangers pourraient exister si les bouilleurs n'étaient mis en communication avec le corps principal de la chaudière que par d'étroites tubulures, si ces tubulures se trouvaient adaptées ailleurs que sur le dôme des bouilleurs, ou même si elles étaient placées trop loin des points qui reçoivent l'action du foyer. Par suite de la viscosité de l'eau ou des oscillations du bateau, il peut se former, dans ces circonstances, à la partie supérieure des bouilleurs, des espaces vides d'eau et remplis de vapeur; les parois peuvent ainsi être facilement sur-échauffées, le métal qui les compose perd alors une grande partie de sa ténacité, et le retour de l'eau sur ces parois peut déterminer une explosion en donnant tout à coup naissance à une très-grande quantité de vapeur.

Quelquefois on emploie du mastic ferrugineux dans les assemblages qui joignent le réservoir au générateur à vapeur. Cet emploi a de graves inconvénients, principalement dans les chaudières des bateaux à vapeur, où les tubulures de communication doivent, ainsi que je l'observais ci-dessus, être très-larges. L'adhérence que produit le mastic ne saurait être exactement appréciée; elle varie suivant le mode d'après lequel il est fait et appliqué; le temps, une foule de circonstances accidentelles peuvent y apporter des modifications. Ces sortes de joints pourraient donc avoir résisté à la pression d'épreuve faite à froid, et cependant céder plus tard sous une pression moindre quand l'appareil fonctionne, soit parce que le mastic aurait perdu de sa consistance par la chaleur, soit parce qu'il s'altère rapidement, soit parce qu'il est exposé à se briser par le choc et par les changements de température.

Les parties des chaudières des appareils à vapeur placées à bord des bateaux doivent toujours être réunies au moyen de rivets ou d'armatures d'une force suffisante; si on peut employer le mastic ferrugineux, ce ne doit être que pour remplir les interstices des joints, pour prévenir les fuites d'eau. On ne saurait compter sur son efficacité pour empêcher les pièces entre lesquelles il est interposé, de se disjoindre.

Il présente même, quand il sert uniquement à garnir

un joint, le grand inconvénient de devenir une cause d'oxydation, d'altération prompte pour la chaudière; il peut ainsi déterminer une explosion si l'on n'a pas soin de faire en temps utile les réparations convenables en remplaçant les pièces oxydées. Il serait à désirer que les joints fussent rendus étanches sans qu'on eût recours au mastic; il est du moins nécessaire que les chaudières où on en fait usage soient l'objet d'une surveillance particulière.

Quelquefois il est arrivé, lorsque plusieurs chaudières communiquaient entre elles, qu'elles ont fait simultanément explosion. On se rappelle le funeste accident qui a eu lieu, il y a quelques années, sur le bateau à vapeur *le Rhône*, dont la machine était alimentée par quatre chaudières. Deux de ces chaudières éclatèrent presqu'en même temps; l'explosion de l'une détermina la rupture de l'autre. Ce fait s'est renouvelé en d'autres occasions. Récemment encore, on en a vu un exemple. Il importerait beaucoup, lorsqu'un bateau à vapeur contient deux chaudières distinctes, qu'on pût les isoler entièrement.

Quand, dans ses visites, une commission de surveillance s'aperçoit que les appareils ne sont point marqués du timbre exigé par les instructions, elle doit en provoquer immédiatement l'épreuve. Cette épreuve doit d'ailleurs être renouvelée toutes les fois qu'on peut craindre que la chaudière ou ses tubes bouilleurs n'aient plus une solidité suffisante. Dans ce dernier cas, comme dans celui de l'épreuve primitive, le propriétaire du bateau est tenu de fournir la presse et la main-d'œuvre que l'opération exige. Rien, du reste, ne s'oppose, ainsi que l'indique l'instruction du 27 mai 1830, à ce qu'en remplacement de la presse hydraulique on se serve d'une pompe foulante quelconque, telle que la pompe alimentaire de la chaudière, pourvu qu'elle ait été disposée convenablement à cet effet.

Les commissions de surveillance, et, lorsqu'il n'en existe point dans le département, les ingénieurs délégués par le préfet, ont, aux termes de l'ordonnance du 2 avril 1823, le droit d'examiner chaque bateau à vapeur dans tous ses détails, et de s'assurer qu'il présente dans sa construction, dans son mécanisme, toute sécurité pour le public. Si les conditions de sûreté ne sont pas remplies, il doit en être fait mention dans le procès-verbal de visite. Le préfet doit,

en un mot, être informé exactement des motifs d'après lesquels il y a lieu de surseoir à la délivrance du permis ou même de le refuser.

Je n'ai pas besoin, monsieur le préfet, de recommander à votre sollicitude l'exécution des dispositions indiquées ci-dessus; le zèle et le dévouement des commissions de surveillance et des ingénieurs témoignent que rien de leur part ne sera négligé pour seconder l'administration et donner toutes les garanties possibles à la sûreté publique.

Je vous prie de communiquer la présente circulaire à MM. les membres de la commission de surveillance de votre département. J'en joins ici à cet effet plusieurs exemplaires, et j'en transmets une ampliation à MM. les ingénieurs des mines et des ponts et chaussées.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le sous-secrétaire d'état des travaux publics,

Signé LEGRAND.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XX.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

CHIMIE.

MÉTALLURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

FIN DE LA TABLE.

PLANCHES JOINTES AU TOME XX.

FIN DU TOME XX.

EN VENTE CHEZ

CARILIAN-GOEURY ET V[ve] DALMONT, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, 39 et 41.

La quatrième année de :

L'ATLAS

DU

[M]INEUR ET DU MÉTALLURGISTE

RECUEIL

DE DESSINS LITHOGRAPHIÉS RELATIFS A L'EXPLOITATION DES MINES ET AUX OPÉRATIONS MÉTALLURGIQUES,

EXÉCUTÉS

Par MM. les Élèves de l'École royale des Mines,

Sous la direction du Conseil de l'École

[4]e année, composée de 32 planches in-folio, avec texte explicatif.

PRIX : 18 FR.

Cette quatrième année contient les planches ci-après :

Hauts-fourneaux de Maubeuge, 5 planches. — Appareil pour élever des charges, [e]mployé dans les usines, 1 planche. — Deuxième fusion de la fonte à l'air chaud, cubilots [d]e la fonderie royale de Gleiwitz, Silésie, 1 planche. — Usine de la Basse-Indre, [1] planche. — Four dormant et laminoir à tôle de la Basse-Indre, 1 planche. — Dispo[s]ition de la machine à vapeur d'Abainville et des deux fours à réchauffer le fer, dont [l]a chaleur perdue est employée exclusivement à la génération de la vapeur, 1 planche. — Fourneau à réverbère de la fonderie royale d'Albertville, 1 planche. — Fourneau à [d]ouble sole pour le traitement du plomb, 1 planche. — Fabrication du zinc à Lydognia [(]Silésie), 1 planche. — Fourneau pour l'affinage du cuivre de Fahlum (Suède), [1] planche. — Atelier du Grand-Hornu (près Mons); machine pneumatique du Grand-[B]uisson, de la force de vingt chevaux, 3 planches. — Détente variable réglée par le ré[g]ulateur à force centrifuge de M. Edwards, 1 planche. — Scierie mécanique, par M. Edwards, 1 planche. — Roue double de Poullaouen pour l'extraction des minerais, [1] planche. — Grue à chariot des usines de Thierceville, 1 planche. — Tuilerie de [S]aint-Menge (Vosges) et four à briques de Port-Vendres, 1 planche. — Appareil pour [l]a concentration de l'acide sulfurique, 1 planche. — Usine à gaz de la barrière de [C]ourcelles, 3 planches. — Compteur pour mesurer les gaz ou les liquides, et robinets ré-

gulateurs de la compagnie des gaz comprimés, 2 planches. — Goniomètre à réflexion de M. Mitscherlich, 1 planche. — Appareil pour le forage du puits artésien de Grenelle, 2 planches.

Les 3 premières années de l'*Atlas du Mineur et du Métallurgiste* ont été publiées en 1837, 1838 et 1839 ; elles contiennent les planches ci-après :

Détail des planches de la première année.

Roue hydraulique de côté à coursier circulaire.—Machine à faire les tenons des dents de bois des engrenages. — Machine à peigner le lin. — Machine à mortaiser et à raboter verticalement les pièces de fer et de fonte.— Machine à raboter les métaux, à outil mobile. — Machine à raboter les métaux, la pièce étant mobile et le même outil travaillant pendant l'aller et le retour.—Machine à raboter les écrous.— Machine à vapeur à basse pression et à double effet, établie à Saint-Ouen.—Machine à vapeur, à rotule, à haute pression et à simple effet. — Machine à vapeur à haute pression et à détente variable. — Appareil à nettoyer les blés. — Moulins à blé perfectionnés établis à Corbeil.— Tour à engrenage et à pointes, appliqué au tournage et à l'alésage des pièces cylindriques et coniques. — Grue en fonte et en bois. — Machine à percer et à découper la tôle forte. — Machine à percer et à aléser verticalement les pièces de fer et de fonte. — Machine à river les tôles et les cuivres. — Métier mécanique à deux coups pour tisser les étoffes de lin, de chanvre et de laine. — Chaudière à vapeur pour la production du gaz-light. — Régulateur à air appliqué aux roues hydrauliques et aux machines à vapeur.— Grand alésoir vertical pour aléser les cylindres des machines à vapeur. — Grands fours à coke, avec l'application d'une chaudière à vapeur chauffée par les gaz combinés, résultant de la distillation de la houille. — Turbine hydraulique, ou roues horizontales.

Détail des planches de la deuxième année.

Traitement du plomb à Poullaouen, 2 pl. — Fourneau pour la distillation du zinc à Iserlohn. — Feux d'affinerie avec appareil à chauffer l'air. — Appareils à chauffer l'air. — Forge de Decazeville, fabrication du fer marchand et des rails, 6 pl. — Distributeur fumivore. — Marteau à volant et à engrenage. — Maka de la fonderie de Liége. — Machine à fabriquer les briques. — Machine soufflante à force centrifuge, 2 pl. — Machine soufflante mise en mouvement par une turbine. — Machine à vapeur de l'atelier de M. Beslay, 3 pl. — Machine locomotive du chemin de fer de Saint-Germain, 3 pl. — Scierie mécanique de Saint-Maur, 4 pl. — Disposition des filons dans le Cornouailles. — Outils de sondage de M. Degousée. — Éclairage et aérage des mines. — Machine à colonne d'eau de la mine Mordgrube, 2 pl. — Pompe foulante d'Anzin et pompe d'épuisement du Creusot.

Détail des planches de la troisième année.

Forge catalane. — Four à puddler de la forge du Buisson, et fours bouilleurs employés à Alais pour puddler la fonte non mazée. — Traitement des minerais de plomb et fourneau de calcination pour fond de coupelles à l'usine de Poullaouen. — Four dormant et laminoir employés à l'usine à zinc de Bercy, 2 pl. — Machine à scier les bouts de rails employée à l'usine d'Alais. — Marteau à soulèvement employé à la forge de Seraing, en Belgique. — Soufflerie de Torteron avec tous ses détails de construction 4 planches. — Soufflerie des forges de Joinville, 2 pl. — Manufacture royale de porcelaine à Sèvres, 2 pl. — Percement de souterrains : chemins de fer de Saint-Germain et de Londres à Birmingham, 2 pl. — Machine pour l'extraction et le transport du minerai au puits de Lagrange à Decazeville, et machine à molettes de la mine de Layes et Loire. — Machine à vapeur du Cornouailles employée pour l'épuisement des eaux aux mines dites *Consolidated Mines*, 2 pl. — Machine à vapeur servant à l'épuisement du puits d'Égarande, à Rive de-Gier. — Machine du Sphinx, bateau à vapeur de l'État, 2 pl. — La Victorieuse, machine locomotive de Stephenson, avec son tender, 3 pl. — Fondations de machines à vapeur. — Pistons et soupapes de machines à vapeur, 2 pl — Compteur de la pompe à feu du Gros-Caillou. — Forerie de Liége, 2 pl

---

PARIS.—IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
RUE RACINE, 28, PRÈS DE L'ODÉON.

FRANCE.

SEPTEMBRE — OCTOBRE 1841.

'ROGRÈS DE L'INDUSTRIE, considérés dans leurs rapports avec la moralité de la classe ouvrière. Par M. *le baron de Gérando*. In-8° de 8 feuilles 1/4. Imp. de Baret, à Mulhouse. — A Paris, chez J. Renouard, rue de Tournon, 6. . . . . 2 fr.

Mémoire couronné par la Société industrielle de Mulhouse.

. DE BAUDRIMONT, professeur et fondateur de l'École pratique des sciences et des arts. Du sucre et de sa fabrication, suivi d'un précis de la législation qui régit cette industrie. Par *A. Trebuchet*, chef du bureau des établissements insalubres à la préfecture de police; accompagné de 21 pl. In-8° de 8 feuilles 1/2. Imp. de Bourgogne et Martinet, à Paris. — A Paris, chez J.-B. Baillière. 3 fr.

. C. BREES. Science pratique des chemins de fer. Traduit de l'anglais, revu et augmenté d'une introduction et d'un appendice. In-4° de 5 feuilles 1/2. Imp. de Fournier, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Vtor Dalmont, quai des Augustins, 39-41. . . 32 fr.

'RAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE PHYSIQUE, application de la chaleur, d'après MM. *Grouvelle*, *Péclet*, *Tredgold*, etc. In-18 de 5 feuilles 1/2. Imp. de Baudoin, à Paris. — A Paris, rue de Bussy, 15.

'RAITÉ ÉLÉMENTAIRE DES RÉACTIFS, leurs préparations, leurs emplois spéciaux et leur application à l'analyse. Par *A. Chevallier* et *A. Payen*. Supplément, par *A. Chevallier*. In-8° de 14 feuilles 1/4, plus une planche. Imp. de Bourgogne. — A Paris, chez Germer-Baillière. 2 fr. 50

ÉAUX minérales sulfureuses de Molitz, dépt. des Pyrénées-Orientales. Par M. *Bouis*; avec une notice médicale, par M. *Paul Massot*. In-8° de 4 feuilles 1/4. Imp. de Mlle Tastu, à Perpignan.

MICHEL CHEVALIER. Histoire et description des voies de communication aux Etats-Unis, et des travaux d'art qui en

dépendent. Tome II, 1re partie. In-4° de 42 feuilles 1/4. Imp. de Fain, à Paris. — A Paris, chez Ch. Gosselin, rue de Seine-Saint-Germain-des-Prés, 9. . . 12 fr. 50

Plantamour. Rapport annuel sur les progrès des sciences physiques et chimiques présenté le 31 mars 1840 à l'Académie des sciences de Stockholm : par *J. Berzelius*. Traduit du suédois sous les yeux de l'auteur. In-8° de 22 feuilles 3/4. Imp. de Béthune, à Paris. — A Paris, chez Fortin et Masson, place de l'École-de-Médecine, 1. 5 fr.

Schuster. Résumé des observations météorologiques faites à Metz pendant les années 1835, 1836, 1837, 1838, 1839 et 1840 ; faisant suite à la notice donnée pour celles de 1825 à 1834. In-12 d'une feuille. Imp. de Verronais, à Metz.

Favier. Essai sur les lois du mouvement de traction et leur application au tracé des voies de communication. In-8° de 11 feuilles, plus 16 tableaux. Imp. de Fain, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Dalmont, quai des Augustins, 39 et 41. . . . . 6 fr. 50

Navier. Résumé des leçons de mécanique données à l'École polytechnique. In-8° de 31 feuilles, plus 4 pl. Imp. de Fain, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et V. Dalmont, quai des Augustins, 39-41. 9 fr.

Dumas. Leçons sur la statistique chimique des êtres organisés, professées par M. Dumas, pour la clôture de son cours à l'École de Médecine. In-8° de 3 feuilles 1/4. Imp. de P. Renouard, à Paris. — A Paris, chez Fortin et Masson, place de l'École-de-Médecine, 1.

Orfila. Recherches médico-légales et thérapeutiques sur l'empoisonnement par l'acide arsénieux, précédées d'une histoire de l'arsenic métallique, etc. ; recueillies et rédigées par le docteur *Beaufort*. In-8° de 13 feuilles. Imp. de Baudoin, à Paris. — A Paris, chez Just Rouvier, rue de l'École-de-Médecine, 8. . . . . . 3 fr.

Justus Liebig. Traité de chimie organique, traduit sur les manuscrits de l'auteur, par M. *Charles Gerhardt*. Tome II, 1er fascicule. In-8° de 16 feuilles 1/4. Imp. de Belin-Leprieur, à Paris. — A Paris, chez Fortin, Masson et comp. . . . . 7 fr. 50

FRANCE.

NOVEMBRE — DÉCEMBRE 1841.

DUVAL-JOUVE. Bélemnites des terrains crétacés inférieurs des environs de Castellane (Basses-Alpes), In-8 de 10 feuilles 1/2, plus 12 pl. et une carte. Imp. de Béthune, à Paris.— A Paris, chez Fortin, Masson et compagnie. Prix. . . . . 17 fr.

POIREL. Mémoire sur les travaux à la mer, comprenant l'historique des ouvrages exécutés au port d'Alger, et l'exposé complet et détaillé d'un système de fondation à la mer, au moyen de blocs de béton. In-4 de 20 feuilles 1/2, plus un atlas in-4 d'une demi-feuille et 18 pl. Imp. de Fain et Thunot, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Vr Dalmont, quai des Augustins. Prix. . . . . 20 fr.

FRÉDÉRIC DUBOIS. Voyage autour du Caucase, chez les Tcherkesses et les Abkhases, en Colchide, en Géorgie, en Arménie et en Crimée; avec un atlas géographique, pittoresque, archéologique, géologique, etc. Ouvrage qui a remporté le prix de la Société de géographie de Paris, en 1838. Tome III. In-8 de 30 feuilles 3/4. Impr. de A. Pihan-Delaforest, à Paris (1839). — A Paris, chez Gide, rue de Seine Saint-Germain, 6 *bis*. Prix. . . . . 8 fr.

L'Atlas s'imprime à Neufchâtel sous les yeux de l'auteur. Le tome IV a paru.

CONGRÈS SCIENTIFIQUE DE FRANCE. Huitième session tenue à Besançon, en septembre 1840. In-8 de 24 feuilles 1/2, plus 5 pl. Impr. de Sainte-Agathe l'aîné, à Besançon.

OSCAR ROLLAND DU ROQUAN. Description des coquilles fossiles de la famille des rudistes qui se trouvent dans le terrain crétacé des Corbières (Aude). In-4 de 9 feuilles et demie, plus 8 pl. Impr. de Pomiès-Gardel, à Carcassonne. — A Carcassonne, chez Pomiès-Gardel.

BENJ. DELESSERT, membre de l'Institut. Recueil de coquilles décrites par Lamarck dans son Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, et non encore figurées. 1re livraison. In-folio de 14 feuilles, plus 10 pl. Imp. de Belin-Leprieur, à Paris. — A Paris, chez Fortin et Masson, rue de l'Ecole-de-Médecine, 1. Prix de chaque livraison en noir. . . . . 30 fr.
Figures coloriées. . . . . 45 fr.

L'ouvrage aura 4 livraisons, promises de deux mois en deux mois.

Mémoires de la Société géologique de France. Tome IV, 2e partie. In-4 de 17 feuilles 3/4, plus 5 pl. Imp. de Tilliard, à Paris. — A Paris, chez Langlois et Leclercq. Prix de chaque partie. . . . . 15 fr.

Le volume entier a 17 planches.

PATRICE LARROQUE. Entretiens sur les éléments de l'astronomie, de l'histoire naturelle, de la physique, de la chimie, et sur divers autres sujets. In-12 de 9 f. 2/3. Imp. de Locquin, à Paris.

V. CROIZET. Table des logarithmes des nombres depuis 1000 jusqu'à 10,000. In-4 de 16 feuilles 1/2. Imp. de Bronner-Bauwens, à Lille. — A Paris, chez Pélissonnier, rue des Mathurins-Saint-Jacques, 24; à Péronne, chez l'auteur. Prix. . . . . 6 fr.

V. CROIZET. Traité d'aérage et de métrage. 4e édition. In-12 de 4 feuilles. Imp. de Bronner-Bauwens, à Lille. — A Paris, chez Pélissonnier, rue des Mathurins-Saint-Jacques, 24; à Péronne, chez l'auteur. Prix. 1 fr. 25 c.

PELOUZE père. Traité méthodique de la fabrication du coke et du charbon de tourbe. In-8 de 7 feuilles, plus 4 pl. Imp. de Gaultier-Laguionie, à Paris. — A Paris, chez Maison, quai des Augustins, 29. Prix. . . 6 fr.

Voyage au pôle sud et dans l'Océanie sur les corvettes *l'Astrolabe* et *la Zélée*, exécuté par ordre du roi pendant les années 1837, 1838, 1839 et 1840, sous le commandement de M. J. Dumont-d'Urville, capitaine de vaisseau. Tome Ier, 1re partie. In-8 de 23 feuilles 5/8. Atlas pittoresque, 1re livraison, composée de 5 pl. lith. In-folio de 23 feuilles 5/8, plus une carte. Imp. de A. Pihan-Delaforest, à Paris. — A Paris, chez Gide, rue des Petits-Augustins, 5.

Voyage en Islande et au Groënland, exécuté pendant les

années 1835 et 1836 sur la corvette *la Recherche*, commandée par M. Tréhouart, lieutenant de vaisseau, dans le but de découvrir les traces de *la Lilloise*. Publié par ordre du roi, sous la direction de M. Paul Gaimard; minéralogie et géologie par M. Eugène Robert. 2e partie. In-8 de 9 feuilles (fin d'un volume). Imp. de F. Didot, à Paris.— A Paris, chez Arthus-Bertrand, rue Hautefeuille, 28.

Compte rendu des travaux du comité de l'union des constructeurs, de juillet 1840 à juillet 1841, n° 2. In-8 de 11 feuilles 1/4, plus un tableau. Imp. de Crapelet, à Paris. — A Paris, chez Mathias (Augustin), quai Malaquais, 15. Prix. . . . . 3 fr.

Tessié du Motay. De l'air comprimé et dilaté comme force motrice, ou des forces naturelles, recueillies gratuitement et mises en réserve par M. Andraud. 3e édition, augmentée, etc. In-8 de 9 feuilles, plus une pl. Imp. de Prevot, à Saint-Denis. — A Paris, chez Guillaumin, galerie de la Bourse, 5, Panoramas. Prix. 3 fr.

Le Mécanicien anglais, ou description pratique des arts mécaniques de la Grande-Bretagne; par J. Nicholson. Nouvelle édition, accompagnée de 100 pl. gravées, revue, etc., et augmentée d'un appendice sur les chemins de fer et les machines à vapeur; par Félix et Prosper Tourneux. 2 volumes in-8, ensemble de 44 feuilles 3/4, plus des planches. Imp. de Belin-Leprieur, à Paris. — A Paris, chez Ledentu, quai des Augustins, 31. Prix. 16 f.

W. P. Schimper et A. Mongeot. Monographie des plantes fossiles du grès bigarré de la chaîne des Vosges. 1re et 2e partie. In-4 de 8 feuilles, plus 18 pl. Imp. de Dannbach, à Strasbourg. — A Strasbourg, chez Treuttel et Würtz.

A. M. Perrot. Tableau de géologie et théorie des puits forés. In-plano d'une feuille. Imp. de Pecquereau, à Paris.—A Paris, chez Hocquart, rue de la Harpe, 64.

Voyage autour du monde, exécuté pendant les années 1836 et 1837, sur la corvette *la Bonite*, commandée par M. Vaillant, capitaine de vaisseau. Zoologie par MM. Eydoux et Souleyet. Tome 1, 1re partie. In-8 de 11 feuilles 1/4. Imp. de F. Didot, à Paris. — A Paris, chez Arthus Bertrand, rue Hautefeuille, 23.

Lefebure de Fourcy. Eléments de trigonométrie. 5e édition. In-8 de 7 feuilles, plus une pl. Imp. de Locquin,

à Paris. — A Paris, chez Bachelier, quai des Augustins, 55. Prix. . . . . 2 fr.

Lefebure de Fourcy. Leçons d'algèbre. 4e édition. In-8 de 36 feuilles. Imp. de Locquin, à Paris. — A Paris, chez Bachelier, quai des Augustins, 55. Prix. . 7 fr. 50 c.

Biot. Mémoire sur la vraie constitution de l'atmosphère terrestre déduite de l'expérience, etc. In-8 de 7 feuilles, plus 2 tableaux et 2 pl. Imp. de Bachelier, à Paris. — Paris, chez Bachelier, quai des Augustins, 55. Prix. 5 f.

ANGLETERRE.

2e SEMESTRE DE 1841.

Russell (John-Scott). A Treatise on the steam-engine. (Traité sur les machines à vapeur.) Londres.

Par le même. A Treatise on the nature, properties and applications of steam and on steam navigation. (Traité de la nature, des propriétés et des applications de la vapeur et de la navigation à la vapeur.) Edinbourg, chez Adam et Charles Bluck.

Graham (Thomas). Elements of chemistry, including the application of the science in the arts. (Éléments de chimie comprenant les applications de cette science aux arts). 1841. In-8, enrichi de gravures. . . . 1 l. 4 s.

Thomson (Thomas). An Outline of the sciences of heat and electricity. (Aperçu des théories de la chaleur et de l'électricité.) 2e édition, augmentée et corrigée. 1 vol. in-8, illustré de gravures sur bois, 1840. . . . 15 s.

Miles Blaud. Algebraical problems producing simple and quadratic equations with their solutions; designed as an introduction to the higher branches of analytics. (Problèmes algébriques, comprenant les équations des 1er et 2e degrés avec leurs solutions.) In-8. Chez Whittaker et Compe. . . . . 10 s. 6 d.

Rennie (George). Buchanam on mill work and other machinery, together with tools of modern invention. Texte in-8, avec un grand atlas in-folio. . . 2 l. 10 s.

Wicksteed on the cornish engine. In-4. . . . . . . 6 s.

Tredgold. On the steam engine and on steam navigation. 125 planches, 2 vol. in-4. . . . . 4 l. 4 s.

Appendices A et B à cet ouvrage. Atlas de dessins. Texte in-4. . . . . 1 l. 12 s.

Clegg. Practical Treatise on coal gas. (Traité pratique du gaz de la houille). In-4, avec dessins. Chez J. Weale, 59, High Holborn. . . . . 1 l. 8 s.

ALLEMAGNE.

2e SEMESTRE DE 1841.

CZELECHOWSKY. Chemisches wörterbuch, etc.... Dictionnaire chimique à l'usage des médecins, des pharmaciens, des industriels et des hommes instruits de tous les états. En un vol. (3e et 4e livraison) gr. in-8 (Kurkuma-Zymom), pages 321-691, fin. Vienne, Gerold. Le tout. . . . . 2 th. 20 ngr.

KOPPE. Uber die Erzeugung, etc..... Sur la fabrication du sucre de betteraves sous le rapport économique et industriel. Gr. in-8 de 58 pages. Berlin, Hold. 15 ngr.

C.-T.-N. MENDELSSOHN et A.-F. NEUKRANTZ. Werkzeichnungen oder praktische, etc....... Dessins pratiques et détaillés, explications et descriptions des diverses espèces de machines exécutées. Un vol. 2e livraison, contenant une machine à vapeur de 20 chevaux, d'après Boulton Walt (suite et fin). Gr. in-folio (7 planches lithographiées et 34 pages de texte gr. in-8). Berlin, Reimer. Prix. . . . . 1 th. 20 ngr.

BERZELIUS. Lehrbuch in gedrängther form. Abrégé de chimie de Berzelius; arrangé et augmenté des additions nécessaires par Friedrigh SCHWARZE. 4e et 5e livraison. Gr. in-8 (II, pages 201-592). Quedlinbourg, Basse. Prix. . . . . 1 th. 15 ngr.

Abhandlungen der Königlichen bösmischen Genllscheft, etc..... Transactions de l'Académie royale des sciences de Bohême. 5e série, 1er volume des années 1837-1840. Gr. in-4 (80 feuilles et demie, avec 8 suppléments lithographiés). Prague, Calve in comm. cart. Prix. . . . . 5 th.

LÖWIG. Repertorium für Organische chemie. Répertoire pour la chimie organique (supplément à la Chimie organique de l'auteur). 1re année. Gr. in-8 de 376 pages. Zürich, Schulthess. . . . . 2 th.

SCHMIDT. Fortsetzungund nachträge, etc.... Continuation

et additions à la nomenclature chimique étymologique des substances simples et composées les plus nouvelles. N° II. Gr. de 79 pages. Lemgo, Meyer. . . 10 ngr.

Sowerby (James). Mineral-conchologie Gross-Britanniens. Conchologie minérale de la Grande-Bretagne, ou figures peintes et descriptions des coquilles fossiles; revue par le Dr Agassiz. 4e livr. Gr. in-8 (pages 125-170, planches 61-80, lithographiées et coloriées). Brunswick, Leibroek. 3 th.

Dove H. V. Uber die nicht periodischen anderungen der temperaturwertheilung, etc..... Sur les variations non périodiques de la distribution de la température à la surface de la terre, depuis 1782 jusqu'à 1839. Mémoire lu à l'Académie des sciences de Berlin. 2e partie. Gr. in-4 de 136 pages. Berlin, Sander. . . . . 2 th.

Dumênil. Die reagentien lehre. L'Étude des réactifs pour l'analyse des végétaux, et indication de l'ordre dans lequel les réactifs sont employés pour l'analyse chimique et l'examen postérieur des substances végétales. 2e édition. Gr. in-8 de 189 pages. Celle, Schulze. Prix. . . . . 1 th. 7 1/2 ngr.

Hagen (G.). Handbuch der Wasserbaukunst. Traité de l'architecture hydraulique. 1re partie, les sources; avec 21 planches in-folio. Gr. in-8 de 8.807 pages. Königsbergen. Prusse, frères Bornträgen. . . 7 th. 10 ngr.

Liebig. Organische chemie. Chimie organique. 1 vol., 5e édition, 3e livraison. Gr. in-8 (pages 321-480). Heidelberg, C.-F. Winter. . . . . 25 ngr.

Allgemeine maschinen Encyclopädie. Encyclopédie générale des machines; par le prof. Dr. Jul. Amb. Flüsse, G. Altmütter et A. Burg. Texte, 5e livraison, gr. in-8 (pages 641-800). Leipzig, Voss. Prix de souscription. . . . . 1 th.

Schweickhard. Das Eisen, etc..... Le fer sous le rapport historique et sous celui de l'économie nationale. Gr. in-8 de 72 pages. Tübingen, Fues. . . . . 15 ngr.

Die Dampfkraft ersetzt, etc..... La vapeur remplacée par une force motrice nouvelle, dix fois moins chère et tout à fait sans danger. 5e édition, avec le dessin de la machine et de ses attributs. Gr. in-8 de 16 pages. Leipzig, Polet. . . . . 15 ngr.

KARSTEN (Dr. C.-J.-B.). Uber das merkwürdige verhalten, etc..... Sur la manière remarquable dont se comportent les sels en se dissolvant dans l'eau. Mémoire lu à l'Académie royale des sciences. Gr. in-4 de 44 pages. Berlin, Reimer. . . . . 15 ngr.

MATTHIASS. Darstellung einer zum transport, etc...... Description d'une locomotive servant au transport sur le chemin de fer de Berlin à Potsdam, de la fabrique de Norris, à Philadelphie. In-folio, 4 planches et 1 feuille de texte. Berlin, Reimer. . . . . 2 th.

BRUHN. Die Bodenkunde, etc..... Traité du sol, d'après l'état actuel des sciences naturelles et principalement en ayant égard à la chimie organique du Dr. J. Liebig dans son application à l'agriculture et à la physiologie, avec un abrégé de chimie. Gr. in-8 de 134 pages. Dresde et Leigzig, Arnold. . . . . 22 1/2 ngr.

HARTMANN (J.-D.-W.). Erd und susswasser Gasteropoden. Gastéropodes terrestres et d'eau douce. Descriptions et figures. Gr. in-4 (pages 36-60, avec 12 planches). Saint-Gall, Scheitlin et Zollikoffer. Fig. noires. 1 th. 10 ngr.
Coloriées. . . 3 th.

SCHMIDT. Fasslicher und Gründlicher, etc..... Traité du magnétisme, de l'électricité et de l'électromagnétisme, et description de machines électromagnétiques nouvelles pour l'industrie. Gr. in-8 de 72 pages, avec 2 planches lithographiées in-4. Leipzig, Schmidt. . . . 10 ngr.

BOLTZE. Lehrbuch der angewandten mathematik. Traité de mathématiques appliquées. 2e partie : statique et mécanique des corps solides. Gr. in-8 de 209 pages, avec 4 planches lithographiées. Berlin, Duncker et Humblot. 26 1/4 ngr.

COTTA. Anleitung zum studium der Geognosie, etc..... Eléments de géologie et de géognosie pour les forestiers et les industriels. 3e livraison : éléments, histoire et système de la géologie. Gr. in-8 de 9 feuilles et 1 tableau. Dresde et Leipzig, Arnold. . . . . 25 ngr.

HARTMANN. Conversations lexicon, etc..... Dictionnaire de la conversation des sciences qui ont rapport aux mines, aux usines et aux salines. 4e volume Q-Z. Petit in-8 de 960 pages. Stuttgard, Scheible. . . 1 th. 18 3/4 ngr.

KOPP (Hermann). Physikalisch chemische beiträge.

Additions physico-chimiques, ou sur les propriétés des mélanges, eu égard à leurs composants. Avec 4 planches lithographiées. Gr. in-8 de 224 pages. Francfort-sur-le-Mein, Kettembeil. . . . . 1 th.

LE MÊME. Uber das specifische gewicht, etc...... Sur le poids spécifique des composés chimiques. Gr. in-8 de 81 pages. Francfort, Kettembeill. . . . 12 1/2 ngr.

KARSTEN (Dr C.-J.-B.) et DECHEN (Dr. H.-V.). Archiv für Mineralogie, etc..... Archives de la minéralogie, de la géognosie, de l'exploitation des mines et de la métallurgie. 14e volume, avec 11 planches lithographiées. Gr. in-8 de 40 feuilles. Berlin, Reimer. . 4 th. 10 ngr.

Idem. 1re livr. du 15e volume, avec 9 pl. . 2 th. 15 ngr.

Leipzig Dresden Eisenbahn. Chemin de fer de Leipzig à Dresde. Règlements depuis le mois de janvier 1841, avec 1 carte du chemin de fer (in-4). In-16 de 1 3/4 feuille. Leipzig, Heinrichs. . . . . 3 3/4 ngr.

FISCHER. Handbuch der Mineralogie. Manuel de minéralogie, avec un traité sommaire sur la géognosie, sur la formation, l'usage des minéraux, et sur la manière de les reconnaître. 2e édition, avec 2 planches (gr. in-4). Gr. in-8 de 32 1/2 feuilles. Vienne, Heubner, 1840. 3 th.

FRESENIUS. Anleitung zur qualitativen, etc..... Traité de l'analyse chimique qualificative, ou manière d'opérer systématique pour rechercher les substances qui se rencontrent le plus souvent dans la pharmacie, les arts et l'industrie. Pour les commençants. Gr. in-8 de 82 pages. Bonn, Henry et Cohen. . . . . 12 1/2 ngr.

Allgemeine-Maschinen Encyclopædie. Atlas de l'Encyclopédie générale des machines. 4e livraison (planches 26, 28-30, 35-37, 39, 41, 49). In-folio. Leipzig, Voss. Prix de souscription. . . . . 1 th. 20 ngr.

HERDER. 35 (lith.) Tafeln, etc..... 35 Dessins lithographiés des meilleurs appareils pour échauffer l'air des souffleries dans les fonderies d'Allemagne, d'Angleterre, de France, de Suède et de Suisse; publiés d'après cet auteur par MM. BREUDER, directeur des machines à Freyberg; REICH, professeur; WINCKLER, directeur des essais; MERBACH, sous-directeur des fonderies. Accompagnés de texte. A Freyberg, chez Engelhardt. 12 th.
Coloriés. . 14 th.

ECHTERMEYER et RUGE. Ballische, etc..... Journal annuel de Halle pour les sciences et les arts. 1841. Leipzig, chez Wigand. 12 th.

Geologie oden, etc...... La Géologie et les phénomènes terrestres expliqués d'une manière simple par le Dr. LEONARD. 4e volume. Stuttgard, Schweizerbart. 15 ngr.

HERMANN MAYER. Clavis analatyca, etc..... Clef analytique pour reconnaître les minéraux d'après une méthode simple et sûre, accompagnée d'une caractéristique complète des minéraux. IIe livraison : minéraux n'ayant pas l'aspect métallique. Prague, Barroch et André. Prix. . . . . 22 1/2 ngr.

NAUMANN, professeur à l'Académie du Freyberg. Anfangs gegrunde, etc...... Principes de cristallographie, avec 25 planches. Dresde et Leipzig, Arnold. 2 th. 15 ngr.

PETZHOLD. De Calamitis et Lithantracibus. (Formation des terrains calamitiques et houillers). Dresde et Leipzig, Arnold. 25 ngr.

L.-F. GLOCKER. Mineralogische, etc..... Recueil annuel minéralogique. 6e et 7e vol., 1836 et 37. 1 th. 20 ngr.

EMILE KLAPROTH. Das Ganze, etc...... Sur la fabrication rapide du vinaigre en grand et en petit d'après les nouveaux procédés des grandes fabriques d'Allemagne et de France. Nordhaüsen, chez Furet. . . . 15 ngr.

LEHMANN. Lehrbuch, etc..... Traité de chimie physiologique. Tome 1. Leipzig, Engelmann. 2 th. 7 1/2 ngr.

Die Mineral quelle, etc..... La Source minérale de Niederssalterz. Sa composition et ses propriétés *médicinales*. Wurbaden, chez Hayloeh. . . . . 5 ngr.

Handwörterbuch, etc..... Dictionnaire de chimie pure et appliquée, publié avec la collaboration de plusieurs savants; par LIEBIG, POGGENDORF et WÖHLER. Souscription à Brunswick, chez Wieweg. . . 20 ngr. la livraison.

Albrisz, etc..... Dessins des montagnes du Tyrol et du Vorarlberg, avec la description des produits minéraux utiles de ces contrées; par le professeur FRIESE. Publié par la Société géognostique des montagnes du Tyrol et du Vorarlberg pour être distribué à ses membres. Brochure de 95 pages. Inspruck, chez Wagner. . 10 ngr.

Berzeichnisz, etc..... Dénombrement des ouvrages, cartes

et dessins qui ont paru sur l'exploitation des mines, la métallurgie, les salines, la minéralogie, la géognosie et la géologie. 3 feuilles 3/4 in-8. Eisleberg, chez Reichart. 6 3/4 ngr.

RÜHLMANN (Dr. Moritz). Die Technische, etc.... Éléments de mécanique et de machines, etc. 1re partie : mécanique technique; 2e partie : géodynamique. Dresde et Leipzig, Arnold. . . . . 18 3/4 ngr.

SCHÖNBEIN (Ch.-Fr.). Beobachtungen, etc..... Observations sur les effets électriques de l'anguille électrique. Bâle, Schweighauser. . . . . 6 1/4 ngr.

Der Bergwertefreunds, etc..... L'Ami des mines. 4e partie, avec planches lith. et tableaux; éditeur C.-J. Heine. Berlin, Hermès. . . . . 2 th. 20 ngr.

GMELIN (Léopold), prof. de Heidelberg. Handbuch, etc.... Eléments de chimie théorique. 4e édition, revue et augmentée. 1er volume, 1re livr. Heidelberg, Kwinter. 15 ngr.

LOMMEL (J.). Allgemeine, etc..... Répertoire universel de minéralogie, géognosie, géologie, etc. (1830 à 1839). Stuttgard, Schweizerbart. . . . . 2 th.

FINKLER (Wilhelm). Theorie der, etc..... Force développée par le mouvement et la dilatation des gaz; application aux machines à vent. Crefeld, Shüller. 15 ngr.

FISHER (Fried.-Ferd.). Ueber die, etc..... Sur la question de savoir si l'on doit employer la chaux vive ou à l'état de calcaire pour l'amendement des terres. Grimma-Verlags, Comptoir. . . . . 15 ngr.

BERZÉLIUS. Jahres-Bericht, etc..... Compte rendu annuel sur les progrès des connaissances physiques, présenté à l'Académie des sciences de Suède (I. physique; III. chimie organique, géologie). Tübing, Laupp. Traduit en allemand par F. WÖHLER. . . . . 2 th. 27 1/2 ngr.

BESSEL (Fr.-Wilh.). Astronomische, etc...... Recherches astronomiques. 1re partie. Kœnigsberg in Pr., Gebr-Bernträger. . . . . 5 th. 10 ngr.

LEJEUNE-DIRICHLET, MAHLMANN, etc. Repertorio der Physik, etc... Répertoire de physique, renfermant la réunion complète des nouveaux progrès de cette science. Édité par H. Wilh-Dove. IVe partie : météorologie, chaleur

spécifique, chaleur rayonnante. Berlin, Veit et comp. 2 th. 20 ngr.

BÖTTGER (Dr. Rod.). Beiträge, etc...... Nouvelles recherches de physique et de chimie. 2ᵉ livr. Francfort, A. M. Sauerlander. . . . . 18 3/4 ngr.

ERMAN (Adolphe). Reise, etc....... Voyage autour du monde par l'Asie du nord et les deux Océans, en 1828-29 et 30; avec atlas et observations météorologiques. 2ᵉ vol. Berlin, Reimer. . . . . 3 th. 10 ngr.

GRUITHUISEN (professeur à Munich). Astronomische, etc. Annuaire d'astronomie. Munich, Finsterlin. 2 th. 20 ngr.

KRZISCH (Jos.-Fred). Praktisches, etc..... Manuel pour reconnaître l'impureté et la falsification des médicaments pharmaceutiques, suivi d'un essai sur les poisons et la manière de constater leur présence. Vienne (Leipzig, Fr. Fluscher in comm.). . . . . 1 th. 15 ngr.

GEHLER (J. Sam-Trangott). Phisikalisches, etc......... Dictionnaire de physique, revu par Gmelin, Littrow, Muncke, Pfaff. 10ᵉ volume, 1ʳᵉ partie. W. War, etc. Leipzig, Schweikert. . . . . 4 th. 15 ngr.

GRUNERT (J.-Aug.). Beiträge, etc.... Recherches de mathémathiques pures et appliquées. Brandebourg, Wiesike. 3 th.

KARSTEN. Handbuch, etc..... Manuel de la métallurgie du fer. 1ʳᵉ partie : propriété du fer; 2ᵉ partie : des minerais de fer, des combustibles et des souffleries; 3ᵉ partie : fabrication de la fonte, deuxième fusion de la fonte, moulage; 4ᵉ partie : préparation et affinage du fer en barres, fabrication de l'acier. 3ᵉ édition. *Berlin*, Reimer. . . . . 25 th.

BUFF (Dr. Henrist). Lehrbuch, etc..... Manuel de sthochiométrie; guide pour la connaissance et l'emploi des proportions. 2ᵉ édition. Nuremberg, Thrage. 22 1/2 ngr.

GÖTZ. Lehrbuch, etc....... Manuel de physique. Berlin, Reimer. . . . . 3 th. 10 ngr.

Die Magnetische, etc..... Des forces magnétiques et électriques dans leur emploi principal comme équivalent de la puissance de la vapeur. Extrait surtout de l'Histoire du Dr. J. VOGEL, des inventions les plus remarquables jusqu'à nos jours. Leipzig, Theile. . 5 ngr.

REINSCH (Dr Hugo). Recherches sur une nouvelle ma-

nière d'expliquer les phénomènes électriques. Nuremberg, Bauer. . . . . 15 ngr.

WISMANN, C[te], MUNSTER et BRAUN. Beiträge, etc..... Recherches sur la géologie et les fossiles (dessins d'après nature). IV[e] livraison. Sud-ouest du Tyrol, schistes de Saint-Cassian. Bayreuth, Buchner in comm. 5 th. 10 ngr.

BREITHAUPT. Wollständiges, etc..... Minéralogie. 2[e] vol. Dresde et Leipzig, Arnold. . . . . . 2 th. 15 ngr.

Systematisches, etc ..... Collection conchyologique de MARTINI et CHEMNITZ. 8[e] volume. Nouvelle édition. Nuremberg, Bauer et Raspe. . . . . 6 th.
Cinq livraisons de cet ouvrage ont paru.

DEMME. Der Praktische, etc..... Manuel du constructeur de machines : machines à vapeur, à gaufrer, à couleur, à pulvériser, à raboter, à faire le papier sans fin. Quedlimbourg, Bane. . . . . 2 th. 25 ngr.

KREIL (Charles). Magnetische, etc..... Observations météorologiques et astronomiques à Prague, 1[er] juillet 1839 au 31 juillet 1840. Prague, Ehrlich in comm. 4 th. 20 ngr.

LEONHARD. Geologie ober, etc...... Géologie. 21[e] livr. Stuttgart, Schweitzerbart. . . . . 15 ngr.

BERZÉLIUS. Lehrbuch, etc.... Traité de chimie. 5[e] édition. Traduit par Wöhler. 10 vol. Dresde et Leipzig, Arnold. 1 th.

BAUMGARTNER (Dr. A.). Unleitung, etc..... Instruction sur le chauffage des chaudières à vapeur, et les soins à donner aux machines à vapeur. Vienne, Hubner. 25 ngr.

ITALIE.

2e SEMESTRE DE 1841.

Corso di chimica generale, del P. Ottavio Ferrario, ex-provinciale e maestro di scienze naturali nell' ordine di S. Gio. di Dio, membro delle commissioni scientifiche nell' I. R. Istituto del regno Lombardo-Veneto, ec., ec. Milano, coi tipi di Luigi, di Giacomo Pirola, 1841. Fasc. XXI (tomo V, fasc. 3). In-8 di pag. 60. 1 l. 83
Pei non associati. . . . . 2 l. 70

Sull'origine ed utilità della teoria atomistica, cenni di Pietro Francesco Ton. Padova, coi tipi di Angelo Sicca, 1841. In-8 di pag. 16.

Tavole numeriche d'annualità resultante de 100,000 delle più spinose operazioni relative all' impiego die denari ad al prezzo dei beni immobili, con triplici verificazione riscontrate esatte fino alla cento millionesima parte dell' unità, precedute da un rapido trattato elementare di aritmetica teorico-prattica onde rendere più chiara l'applicazione ed il maneggio. Compilate e calcolate da Serafino Gloria Fiorentino. Firenze, 1836-38, tipografia Magheri. Fasc. V all' XI. In-8.

Bergama e la strada ferrata da Milano a Venezia; riassunto storico-critico dedicata alla moltitudine ed agli *azionisti* da Gottardo Calvi. Con alcune osservazioni *sul* voto della commissione d'esame, ed una lettera al dottor Carlo Cattaneo. Milano, tipografia Bernardoni, maggio 1841. In-8 di pag. 96. . . . . 1 l. 50

Elementi di chimica filosofico-sperimentale di Mamone Capria. Napoli, tipografia di Pierro, 1841. In-8.

La Galvanoplastica, ossia processo per ottenere immediatamente in via galvanica lastre o altre date forme solide di rame dalle soluzioni di questo metallo; memoria del Dr M. H. Jacobi, imp. consigliere di corte et membro della I. R. Accademia delle scienze di Pietroburgo. Versione dal tedesco del Dr Gaetano Ginassani. In Mi-

lano, presso Gio. Resnati, libraio; 1841. In-8 di p. 72, e tavola litografica.

Corso di chimica generale del P. Ottavio Ferrario, ex-provinciale e maestro di scienze naturali nell' ordine di S. Gio. di Dio, membro delle commissioni scientifiche nell' I. R. Istituto del regno Lombardo-Veneto. Opera dedicata a S. Altezza imperiale e reale il serenissimo principe el signore Raineri, arciduca d'Austria, vice-re del regno Lombardo-Veneto, ec., ec. Milano, coi tipi di Luigi di Giacomo Pirola, 1841. Fasc. XXI (Tomo V, fasc. 4, ed ultimo). In-8, di pag. 256-287. Pei non associati. . . . . 4 l. 26

È l'utimo fascicolo della prima parte che compie la chimica minerale. Quanto prima uscirà il primo fascicolo della seconda parte, cioè della chimica organica, che sarà compresa in dieci fascicoli e si venderà anche separamente al prezzo di cent. 20 per foglio di stampa, oltre cent. 10 per coperta e legatura; dopo la pubblicazione del quarto fasc. sarà chiusa l'associazione, ed il prezzo sarà portato a cent. 25 ogni foglio pei non associati.

Effemeridi astronomiche di Milano, per l'anno mdccclxii. Con appendice di osservazioni e memorie. Milano, dall' imp. regia stamperia, 1841. In-8 di pag. VIII-136. 87 l.

Riassunti mensili ed annuali delle osservazioni meteorologiche di Milano dal 1763 al 1840, compilati nell' I. R. specola di Brera. Milano, tipografia Guglielmini e Redaelli, 1841. In-8 di pag. 32.

Estratto dal n° 2250, e non è in commercio.

Voto della commissione nominata per decidere sulla preferenza di una delle due linee di strade ferrate proposte tra Brescia e Milano, emeso il 20 marzo 1841; ed illustrazioni del voto medesimo. Colla giunta del consiglio dato dai professori Carlini, Borgnis e Zuradelli relativamente al tronco della progettata strada Ferdinandea tra Brescia e Verona. Milano, tipografia di Giuseppe Bernardoni di Gio. 1841. In-4 di pag. 108 complessivamente e 2 tavole litografiche. . . . . 2 l. 62

Opera di chimica per i liquidi in generale. Ricette composte e garantite dall' autore signore conte di Gazzera,

professore di chimica. Quarta edizione. Torino, presso G. Serra e comp., libraii, 1841. In-12 di pag. 20. Tipografia Speirani.

Studii di Geologia, ovvero conoscenze elementari della scienza della terra di Leopoldo Pilla. Prima parte : Trattato mineralogico delle rocce. Napoli, tipografia all' insegno di Aldo Manuzio, 1842. In-8 di pag. 140. L'opera sarà divisa in tre parti. La parte seconda conterrà : Trattato di geognosia; la terza : Trattato di geogenia.

Sulle ruotte idrauliche dette turbini di Fourneyron ; memoria dell' ingegnere Giuseppe Rosetti, con appendice e quattro tavole in rame. Milano, coi tipi di Giacomo Pirola, 1841. In-8 di pag. 52, 2, 61. Estratto dal *Politecnico*, n° 21 (vol. IV, fasc. 3).

Alcune osservazioni intorno all' azione del cloruri di ammonio, di sodio e di potassio sul calomelano di Giovani Righini. Pavia, tip. Fusi et comp. 1841. In-8 di pag. 16. (Estratto dal « Giornale di scienze medico-chirurgiche.) Di Pavia, luglio 1841.

Dell' azione delle acque e fanghi minerali, termali dei colli euganei, dedotta dalla temperatura e dai loro principii mineralizzatori colla guida della più recente analisi chimica e della farmacologia moderna. Trattato filosofico di Pietro Fumiani, dottore in medicina e chirurgia. In-8 di pag. 112. . . . . 1 l. 96

Giornale delle osservazioni fatte ne' viaggi in Egitto, nella Siria e nella Nubia, da G. B. Brocchi, fu inspettore generale delle miniere nel cessato governo italico. Opera inedita postuma dedicata al chiarissimo sig. A. Tommaso, da Catullo professore di storia naturale *nell' I.* R. università di Padova, ec., ec. Bassano, presso A. Roberti, tip. editore, 1841. Fasc. I e II (V. I fasc. 1 e 2). In-8 di pag. XXIV-40, 64. Ogni fasc.. . . . 87 l.

Fo[?] Coke de Decazeville. Fig. 24 à 29.

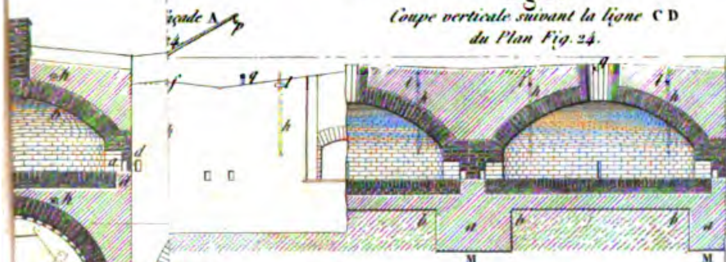


Fig. 25.
Coupe verticale suivant la ligne C D du Plan Fig. 24.

Fig. 26.
Coupe verticale suivant la ligne A B du Plan Fig. 24.

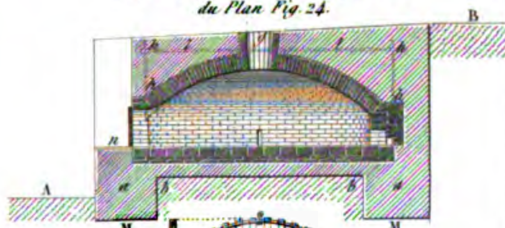




Fig. 29.

Fig. 28.

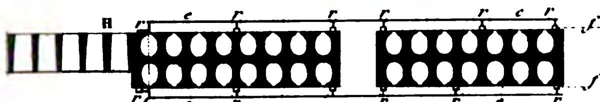
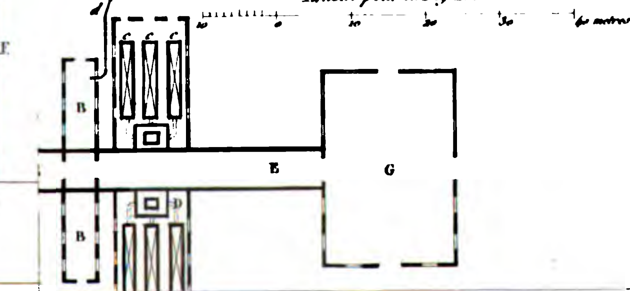


Fig. 23.
Disposition générale de l'Usine à fer de Maubeuge.

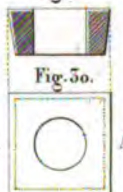
Echelle pour la Fig. 23.

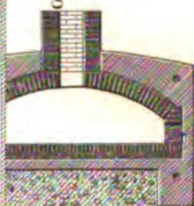


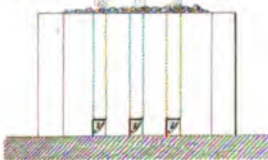
...our les cheminées de fours à Coke, Fig. 30 à 35.











Élévation suivant c d de la Fig. 38.

...nisation de la houille entre murs à la grand Combe.
Fig. 36 à 40.









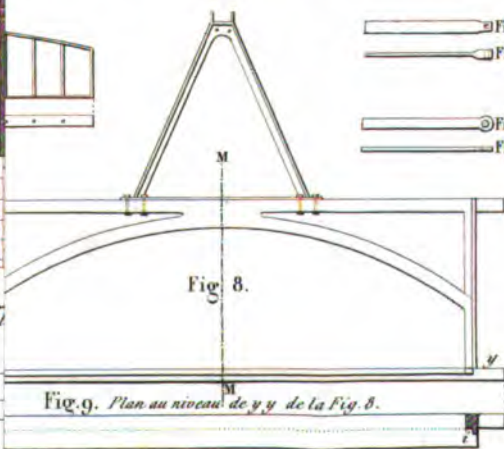
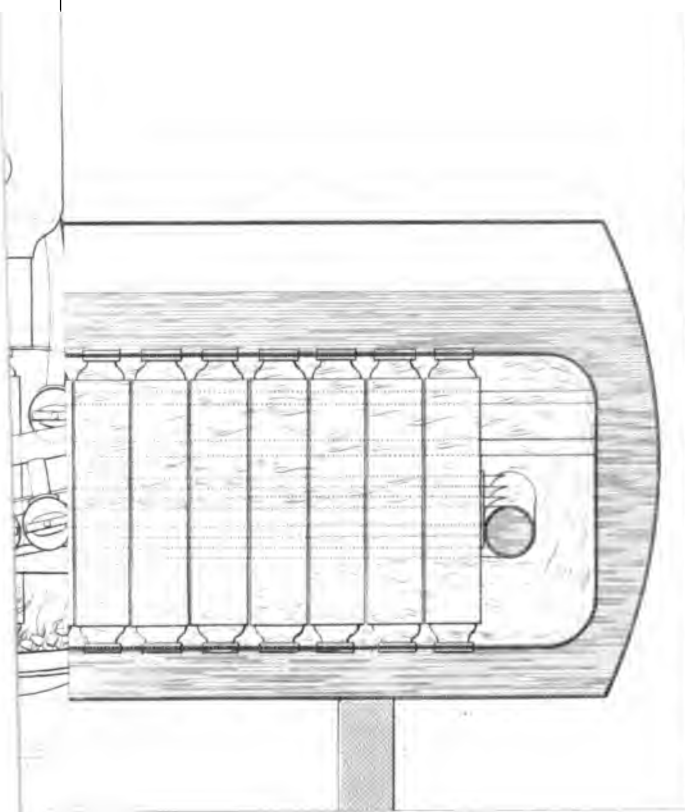


Fig. 9. *Plan au niveau de y y de la Fig. 8.*

udière du bateau le Parisien

de Mr. Cochot

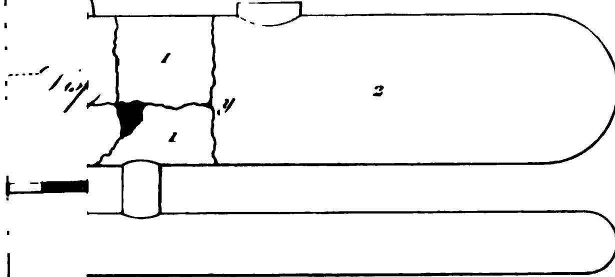


page

Gravé par E.



Fig. 3.



...ment de la Chaudière.

M

...ration

...lences

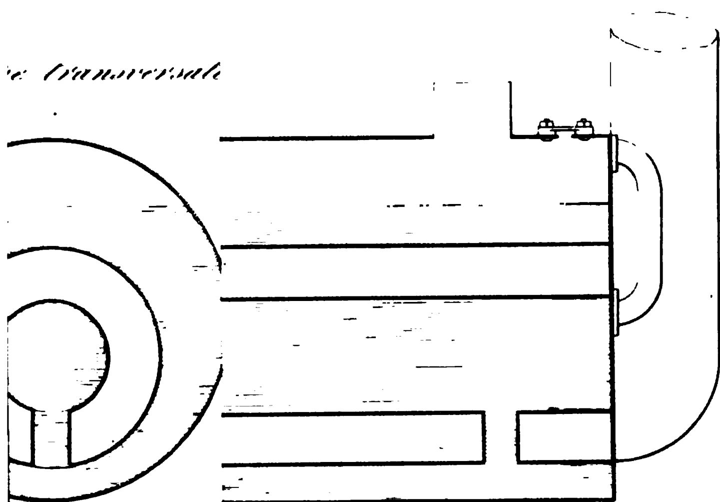
f

g

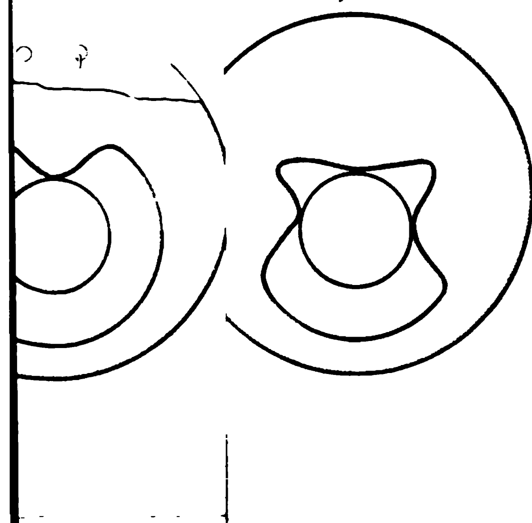
h

d

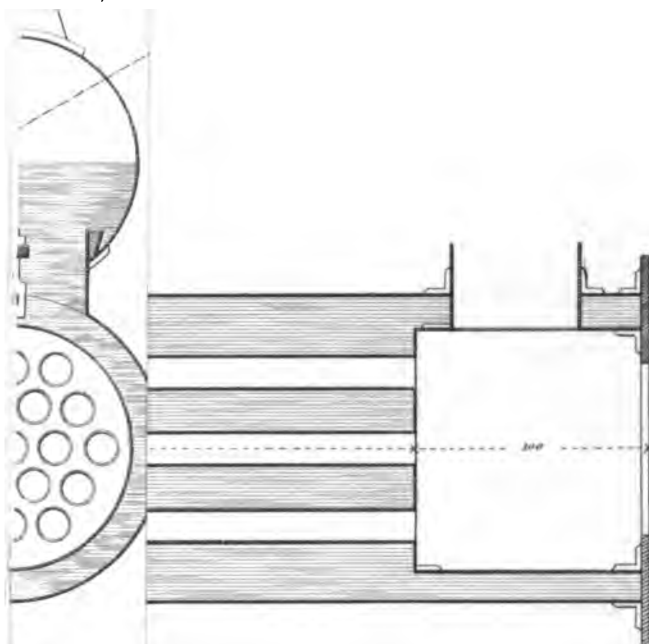
Gravé par Renou



lévation sur AB. 3. *Coupe sur* CD.

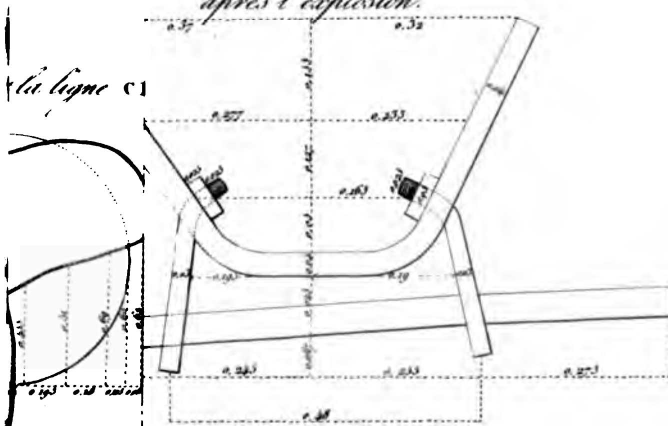


...ur la ligne



...vation de l'un des systèmes de barrettes après l'explosion.

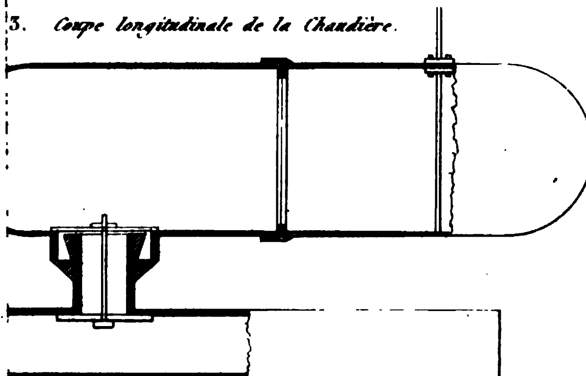
... la ligne C1



Gravé par Renou.

...ière à vapeur d'Arincourt. Fig. 1, 2, 3.

3. *Coupe longitudinale de la Chaudière.*



... du local de la Chaudière.

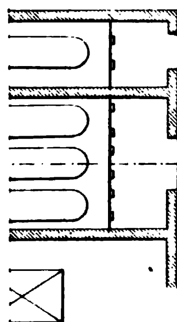


Fig. 1. *Coupe sur CD du Plan.*

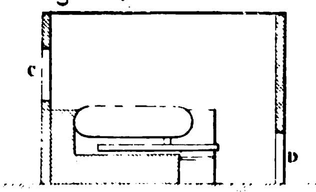
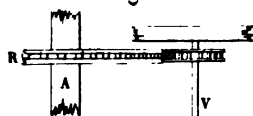


Fig. 6.



...riette d'essai pour l'amalgamation.

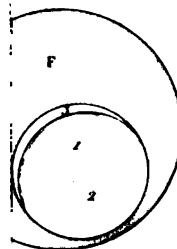


Fig. 8.

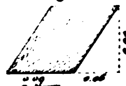
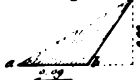


Fig. 9.



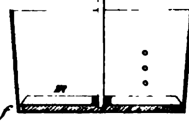
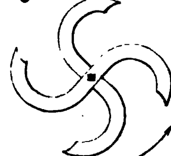


Fig. 7. *Plan de la pièce a...*



N

O

S

Gravé par Ren...

Pl. IX.

Analyse des Gaz des hauts Fourneaux.

Fig. 1 à 5.

Fig. 1.

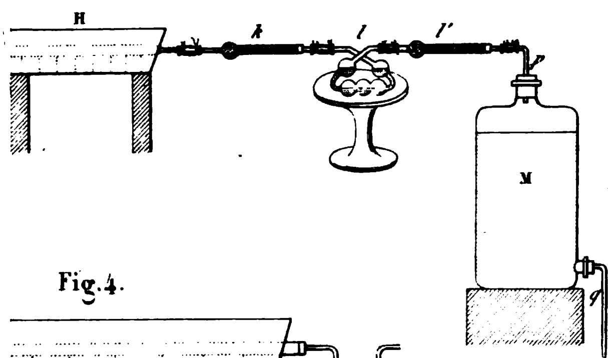


Fig. 4.

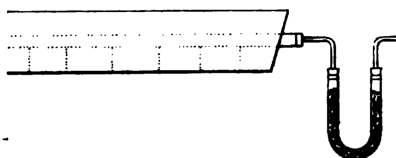
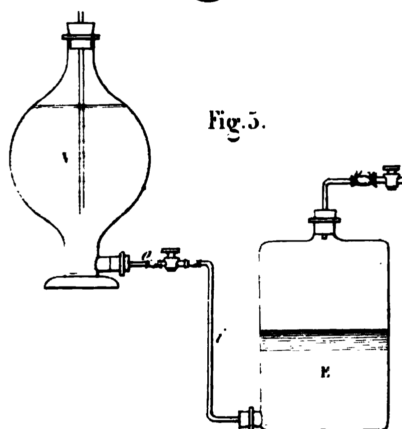


Fig. 5.



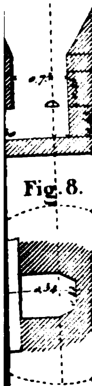


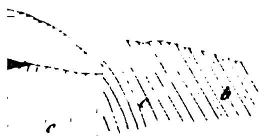
Fig 1, 2, 3.

3 4 5 décimètres

Gravé par Renou.

Pl. X.

...ent d'Avesnes. (Nord)



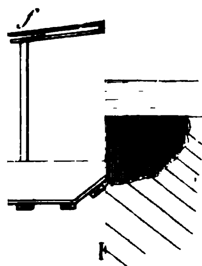




Fig. 13.

Fig. 14.

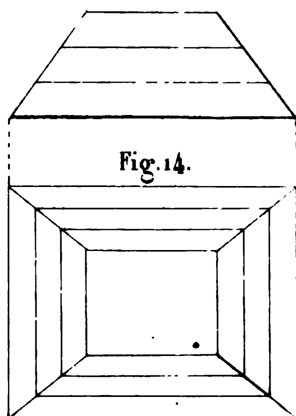


Fig. 15.

Fig. 16.

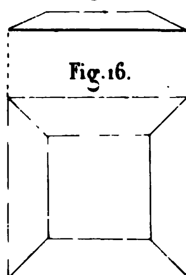
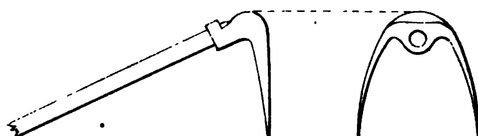


Fig. 11.



Echelle de 1...

Echelle de $\frac{1}{20}$ pour les détails.

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 centimètres

..., 3e Série,

Gravé par Renou.



